

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально–педагогический  
университет»

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВ-  
ЛЕНИЯ КОРПУСА ФОРКАМЕРЫ ЛОКОМОТИВА**

Выпускная квалификационная работа

Направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)

Профиль Машиностроение и материалобработка

Профилизация Технологии и технологический менеджмент в сварочном про-  
изводстве

Идентификационный код ВКР: 125

Екатеринбург 2018

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						1
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующий кафедрой ИММ  
\_\_\_\_\_ Б.Н.Гузанов  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**Разработка технологического процесса изготовления корпуса  
форкамеры локомотива**

Исполнитель  
студент группы СМ-403 \_\_\_\_\_ А.К. Зубрицкий

Руководитель  
ст. преподаватель \_\_\_\_\_ Е.В. Радченко

Нормоконтролер:  
к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Д.Х. Билалов

Екатеринбург 2018

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						2
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа содержит 92 листов машинописного текста, 29 таблиц, 15 рисунков, 31 использованных источников, графическую часть на 6-и листах формата А1.

Ключевые слова: КОРПУС ФОРКАМЕРЫ, МЕХАНИЗИРОВАННАЯ СВАРКА, АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ, ГАЗОВАЯ СМЕСЬ К-18, ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМОВ СВАРКИ, ПРОГРАММА ПЕРЕПОДГОТОВКИ РАБОЧИХ, ПРОФЕССИЯ «ОПЕРАТОР АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ».

Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением/ А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Разработка технологического процесса изготовления корпуса форкамеры локомотива».
2. Цель работы: разработка технологии и подбор оборудования для изготовления корпусов форкамеры в условиях сварочного производства.
3. Для разработки процесса автоматической сварки выполнены следующие этапы:
  - разработан технологический процесс согласно расчетам и операциям в соответствии требованиям ЕСТД;
  - скомпонован комплекс типового оборудования, который повысил производительность процесса сварки;
  - оптимизированы режимы сварки для реализации усовершенствованного технологического процесса.
4. Результаты данной работы могут быть использованы при проектировании технологии изготовления корпуса форкамеры локомотива.

					<i>ДП 44.03.04. 125 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Зубрицкий А.К.</i>			Разработка технологического процесса изготовления корпуса форкамеры локомотива Пояснительная записка ДП 44.03.04. 125 ПЗ	<i>Лист</i>		<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Радченко Е.В.</i>					3	92
<i>Реценз.</i>						25.01.2020 ФГО РГПУ, ИИПО каф. ИММ, гр. СМ-403		<i>Лист</i>
<i>Н. Конпр.</i>		<i>Билалов Д.Х.</i>						3
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Описание конструкции .....	8
1.1 Назначение конструкции.....	8
1.2 Характеристика материала изделия .....	10
1.3 Выбор способа сварки .....	12
1.4 Выбор и описание сварочных материалов .....	19
1.5 Расчёт параметров режима сварки .....	21
1.6 Выбор оборудования.....	39
1.7 Технологическая последовательность изготовления корпуса форкамеры локомотива.....	46
2 Экономический раздел .....	48
2.1 Определение капиталоемких инвестиций .....	48
2.2 Расчет количества оборудования и его загрузки .....	52
2.3 Расчет капитальных вложений .....	54
2.4 Расчет технологической себестоимости металлоконструкций .....	57
2.5 Расчёт производственной себестоимости изготовления изделия .....	65
2.6 Расчет полной себестоимости.....	69
2.7 Расчет основных показателей сравнительной эффективности .....	71
3 Методическая часть .....	75
3.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов.....	76
3.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением».....	80
3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология» .....	81
3.4 Разработка плана - конспекта урока.....	82

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Заключение ..... 88

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ..... 89

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

## Введение

В современном мире очень большое значение приобретает способность рационально использовать все ресурсы, материалы и электроэнергию. Повышение эффективности использования материальных ресурсов имеет большое значение, как для экономики отдельного предприятия, так и государства в целом. Развитие экономики в целом и ее отдельных секторов зависит от того, насколько эффективно и грамотно используются ресурсы. Эффективность использования материальных ресурсов обеспечивает увеличение объемов производства при одинаковом объеме материальных затрат, а то и меньше.

Одним из основных направлений в решении данной проблемы является применение автоматической сварки.

Данный дипломный проект посвящен сборке и сварке корпуса форкамеры локомотива.

В связи с этим стояла задача разработать технологию сборки и сварки корпуса и выполнить подбор оборудования для реализации предлагаемой технологии и в будущем применении её на предприятии.

*Объектом* разработки является технология изготовления корпуса форкамеры локомотива.

*Предметом* разработки является процесс сборки и сварки корпуса форкамеры.

*Цель* дипломного проекта - разработать технологический процесс изготовления корпуса с использованием автоматической и полуавтоматической сварки в среде защитных газов.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать базовый вариант;
- разработать и обосновать предложенный метод сварки корпуса;
- произвести необходимые расчеты автоматической и полуавтоматической сварки в среде защитных газов;

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

- выбрать и обосновать сварочное и сборочное оборудование;
- разработать технологию сварки корпуса;
- рассчитать экономическую осуществимость реализации проекта;
- разработать учебную программу подготовки для электросварщиков данного типа сварки.

Таким образом, в дипломном проекте в технологической части разработан вариант технологического процесса изготовления корпуса форкамеры локомотива, включающий автоматическую и полуавтоматическую сварку в среде защитных газов; в экономической части - приведено технико-экономическое обоснование данной разработки; методическая часть - посвящена разработке учебной программы подготовки сварщиков, которые могут применять разработанную технологию производства корпуса форкамеры на производстве.

В процессе разработки дипломного проекта используются следующие методы:

- теоретические методы, в том числе анализ специальной научно-технической литературы, а также обобщение, сравнение данных, расчеты;
- эмпирические методы, в том числе изучение практического опыта и наблюдения.

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

## 1 Описание конструкции

### 1.1 Назначение конструкции

На локомотивах форкамера - часть системы вентиляции. Изделие направлено на упрощение конструкции, снижение материалоемкости, обеспечение минимального аэродинамического сопротивления, повышение надежности и эффективности работы системы вентиляции тяговых двигателей локомотива. Форкамера относится к транспортному машиностроению, в частности, к системам принудительной вентиляции тяговых электродвигателей грузовых магистральных электровозов и служит для охлаждения двигателей.



Рисунок 1 – Корпус форкамеры локомотива

Результат достигается тем, что система вентиляции тяговых двигателей локомотива, содержащая для каждой тележки локомотива форкамеру, представляющая собой пространственно-каркасную конструкцию, обшитую листом и расположенную в объеме съемной секции крыши локомотива, в боковых стенках которой выполнены воздухозаборные жалюзи, а в днище цилин-

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.125 ПЗ

Лист

8



дрический патрубок с коническим входом для соединения с мотор-вентилятором, фильтры очистки воздуха, устройство вентиляции машинного отделения и мотор-вентилятор, размещенный в кузове на основании, каналы раздельной подачи воздуха на каждый двигатель тележки, систему удаления осадений из очищаемого воздуха.

Форкамера выполнена с механическими центробежными отделителями, выполняющими функцию жалюзи, очистки и удаления осадений из воздуха, и оснащена лотками для сбора и удаления вторичных осадений.

Тяговые двигатели каждой тележки охлаждаются одним вентилятором. Воздух поступает из зоны форкамер через всасывающие жалюзи, которые находятся на крыше электровоза, и по распределительному каналу проходит в два тяговых двигателя. Жалюзи предназначены для защиты от попадания крупных частиц и предметов в систему вентиляции. Дополнительная защита от всасывания загрязненного воздуха осуществляется при помощи тканевых фильтров. Системы вентиляции в обеих секциях электровоза идентичны.

**Недостатками** данной системы является недостаточная надежность и эффективность системы очистки воздуха, поступающего в тяговые двигатели электровоза. Это объясняется тем, что любая ткань, используемая в фильтрах электровозов в зимний период, создает при всасывании воздуха большое аэродинамическое сопротивление, что снижает эффективность работы всей системы. Кроме того, в силу своей низкой механической прочности, тканевые фильтры часто рвутся и требуют замены.

В летний период тканевые фильтры убираются, а жалюзи не справляются с функцией очистки воздуха от капельной влаги и пыли, в результате чего качество воздуха, подаваемого на тяговые электродвигатели и внутрь кузова, значительно ухудшается.

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

## 1.2 Характеристика материала изделия

Марка стали: 09Г2С

Класс: Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций, марка стали 09Г2С широко применяется при производстве труб и другого металлопроката.

Использование в промышленности: различные детали и элементы сварных металлоконструкций, работающих при температуре от —70 до +425°С под давлением.

Химический состав стали 09Г2С приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали 09Г2С, % [2]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As	Fe
до 0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	до 0,3	до 0,035	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08	96-97

Механические свойства стали 09Г2С приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Механические свойства стали 09Г2С [2]

Механические свойства стали 09Г2С при T=20°С					
ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	$\sigma_B$ (МПа)	$\delta_5$ (%)
19281-73	Сортовой и фасонный прокат	до 10	345	490	21
19282-73	Листы и полосы (Образцы поперечные)	от 10 до 20 вкл.	325	470	21
		от 20 до 32 вкл.	305	460	21
		от 32 до 60 вкл.	285	450	21
		от 60 до 80 вкл.	275	440	21
		от 80 до 160 вкл.	265	430	21
19282-73	Листы после закалки, отпуска (Образцы поперечные)	от 10 до 32 вкл. от 32 до 60 вкл.	365 315	490 450	19 21
17066-80	Листы горячекатаные	2-3,9		490	17

Технологические свойства стали 09Г2С приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Технологические свойства стали 09Г2С [2]

Свариваемость:	без ограничений
Склонность к отпускной хрупкости:	не склонна

Свариваемость - свойство металла или сочетания металлов образовывать соединения при установленной технологии сварки, которые соответствуют требованиям, связанным с конструкцией и эксплуатацией изделия. [3]

Существует физическая и технологическая свариваемость.

Физическая свариваемость - свойство материалов создавать монолитные соединения с химической связью, такая свариваемость имеется почти у всех технических сплавов и чистых металлов, а также у ряда комбинаций металлов с неметаллами. [3]

Технологическая свариваемость - технологическая характеристика металла, которая определяет его реакцию на воздействие сварки и способность образовывать сварные соединения с заданными эксплуатационными свойствами. [3]

Свариваемость металла зависит от химических и физических свойств, кристаллической решетки, наличия примесей, степени легирования и других факторов.

Эквивалент углерода  $C_{экв}$  %, определяют по формуле (1):

$$C_{экв} = C + Mn/6 + Cr/5 + Mo/5 + V/5 + Ni/15 + Cu/13 \quad (1)$$

При  $C_{экв} < 0,45$  металл не склонен к образованию холодных трещин.

$$C_{экв} = 0,12 + 1,3/6 + 0,3/5 + 0,3/15 + 0,3/13 = 0,43\%$$

$C_{экв} = 0,43\%$  следовательно основной металл не склонен к образованию холодных трещин.

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		11

Далее необходимо определить склонность к образованию горячих трещин по формуле (2):

$$HCS = \frac{C * \left( S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right) * 1000}{3 * Mn + Cr + Mo + V}, \quad (2)$$

где HCS - параметр, оценивающий склонность сварных швов к образованию горячих трещин, %;

$$HCS = \frac{0,12 * \left( 0,04 + 0,035 + \frac{0,5}{25} + \frac{0,3}{100} \right) * 1000}{3 * 1,3 + 0,3} = 2,8$$

Найденное значение HCS=2,8 меньше 4, следовательно, появление горячих трещин не возможно.

### 1.3 Выбор способа сварки

Постоянный или переменный сварочный ток подается на электрод и свариваемое изделие для формирования и поддержания сварочной дуги от источников сварочного тока. Дугой расплавляется металлический стержень электрода, его покрытие и основной металл. Расплавленный металл электрода в виде отдельных капелек, покрытых шлаком, проходит в сварочную ванну. В сварочной ванне металл электрода смешивается с расплавленным металлом изделия (основным металлом), а расплавленный шлак выходит на поверхность. Так получается защитное покрытие.

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

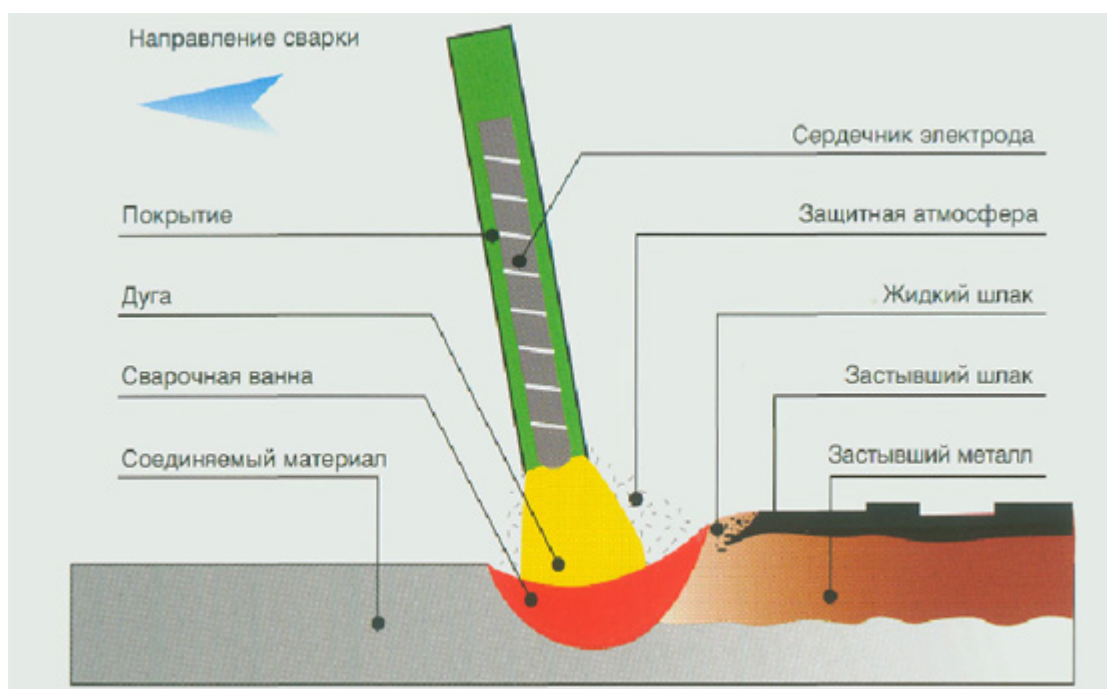


Рисунок 2 – Схема ручной электродуговой сварки

Теплота, необходимая для расплавления основного металла (а также электродного стержня), получается в процессе образования дуги. В полученной специальной сварочной ванне смешиваются расплавленные металлы, как основной, так и электродный. Таким образом, при затвердевании получается сварной шов. Стальной электрод содержит специальное покрытие. Когда он плавится, он защищает сам сварочную ванну путём образования шлака и газового облака. Защита необходима от азота и других газов, содержащихся в воздухе.

Для поддержания электрической дуги электрод и сваренная часть снабжаются электричеством с помощью специального устройства. Под действием температуры электрической дуги расплавляются края сварных деталей (вместе с электродным металлом). В этом случае образуется сварочная ванна, которая в течение некоторого времени остается расплавленной. Температура внутри дуги не менее 4 тысяч градусов. Энергия, из-за которой дуга возникает и непрерывно горит, получается из специального трансформатора.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.125 ПЗ

Лист

13

## Преимущества и недостатки ручной электродуговой сварки

### Преимущества:

- Возможность сварки во всех пространственных положениях
- Возможность сварки в зонах с ограниченным доступом
- Относительно быстрый переход между сварными материалами
- Ручная электрическая сварка - это возможность сварки самых разных сталей, которые снабжены широким диапазоном выпускаемых электродов
- Такая сварка проста; кроме того, относительно легко транспортировать её в нужное место

Кроме вышеуказанных преимуществ, ручная электросварка имеет свои недостатки. Вот основные из них:

- Вредные условия, возникающие в процессе сварки
- Качество сварных соединений в значительной степени зависит от квалификации сварщика
- Низкая эффективность и относительно низкая производительность по сравнению с другими технологиями сварки

### Сварка под флюсом

Как известно, воздух отрицательно влияет на качество сварного соединения. Необходимое крепление может быть достигнуто при использовании защитной среды, включающей флюсы или инертные газы. Наиболее распространенное использование флюсов, полученных в промышленных условиях, связано с тем, что использование этого метода гарантированно создает надежное крепление. Использование подразумевает автоматический или полуавтоматический режим, на некоторых производственных линиях используются роботизированные установки.

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		14

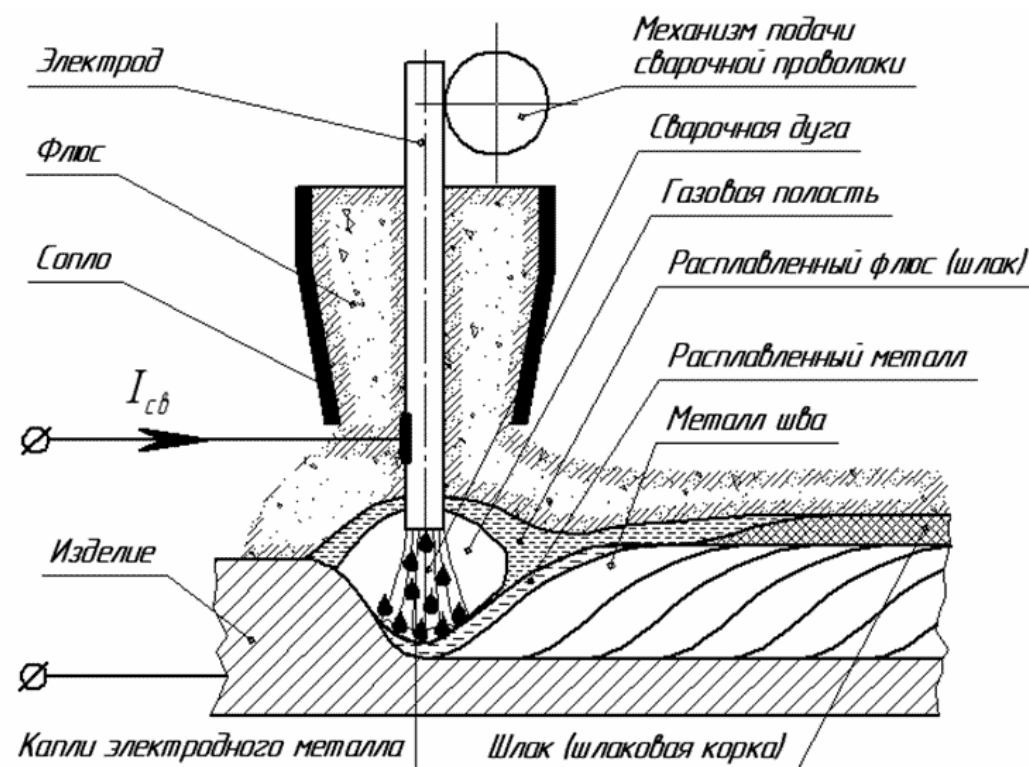


Рисунок 3 – Схема процесса сварки под флюсом

Автоматизированный процесс сварки предполагает наличие сыпучего флюса, поставляемого непосредственно к изделию. Когда дуга зажигается, проволока электрода, которая воздействует на металлическую основу, расплавляется. В результате реакции металла с веществом, которое интегрировано в области сварки, образуется газовая ванна, состоящая из сварочных газов. Сварка под флюсом применяется автоматическим либо механизированным производством.

Основной целью полости в рассматриваемом способе сварки является формирование защитной оболочки, чтобы избежать воздействия кислорода на металл.

Кроме того, конструкция электродной проволоки реагирует на флюс, подвергая материал обработке, позволяет получить качественный шов.

В процессе удаления дуги изделие переходит из расплавленного состояния в твердое вещество, образуя твердый слой, который легко удаляется с

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

поверхности изделия. Технология автоматической сварки под флюсом подразумевает цикл удаления избыточного материала с помощью специального механизма. Технология имеет много преимуществ, которые позволяют применять метод на любом предприятии.

- Можно объединять детали с использованием повышенного тока. В большинстве отраслей ток используется от 1000 до 2000 А, для сравнения показатель дуговой сварки не превышает 650 ампер. В нормальном режиме увеличение тока отрицательно сказывается на качестве, разбрызгивая металл. При использовании вещества можно увеличить мощность до 4000 А, что позволяет получить готовый материал в сочетании со скоростью процесса.

- Процесс подразумевает образование дуги под слоем флюса, работающим на большой глубине. Это условие позволяет не беспокоиться о предварительной обработке сварных соединений.

- Увеличенная скорость сцепления позволяет производить большой объём сварочных работ. Для сравнения, изготовление сварного шва с одинаковыми параметрами дуговой сварки может занять больше времени в 10 раз.

- Образовавшийся газовый пузырь в этом процессе позволяет избежать разбрызгивания горячего металла в процессе. Это условие позволяет не только получить крепкий шов, но и соблюдать безопасность при работе с высокими температурами. Благодаря этому происходит экономия электроэнергии и инструментов.

У каждого метода есть недостатки, использование флюса не является исключением:

- работа выполняется только в нижнем положении сустава;
- сборка деталей должна соответствовать параметрам подгонки и обработки кромок;

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		



- производство осуществляется только на жесткой опоре, воздействие в подвешенном состоянии на материал невозможно;
- стоимость вспомогательных материалов высока, поэтому метод используется в ответственных структурах.

### **Сварка в защитном газе**

Сварка в защитном газе проводится для предотвращения воздействия воздуха на расплавленный металл в зоне соединения. Для этого специальные газы подаются непосредственно в зону воздействия электрической дуги через горелку, или сварка осуществляется в камере, из которой сначала откачивается воздух, а затем закачивается защитный газ. При сварке в защитных газах можно использовать неплавящийся, обычно вольфрамовый или плавящийся электрод. В первом случае сварку получают путем плавления кромок изделия, и при необходимости, подают в зону дуги присадочную проволоку. Плавящийся электрод в процессе сварки расплавляется и участвует в образовании металла сварного шва. Для защиты используются три группы газов: инертные (аргон, гелий); активные (углекислый газ, азот, водород и т. д.); смеси инертных газов, активных или первых и вторых групп. Выбор защитного газа определяется химическим составом свариваемого металла, требованиями к свойствам сварного соединения; экономичностью процесса и другими факторами.

### **Преимущества и недостатки способа**

Широкий диапазон используемых газов объясняет большое распространение этого метода, как в отношении свариваемых металлов, так и их толщине (от 0,1 мм до десятков миллиметров). Основными преимуществами этого метода сварки являются следующие:

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

- высокое качество сварных соединений из различных металлов и их сплавов разной толщины, особенно при сварке в инертных газах из-за низкого сжигания легирующих элементов;
- возможность сварки в разных пространственных положениях;
- никаких операций по заполнению и удалению флюса и удалению шлака;
- возможность мониторинга образования шва, что особенно важно при механизированной сварке;
- высокая производительность и простота механизации и автоматизации процесса;
- низкая стоимость активных защитных газов.

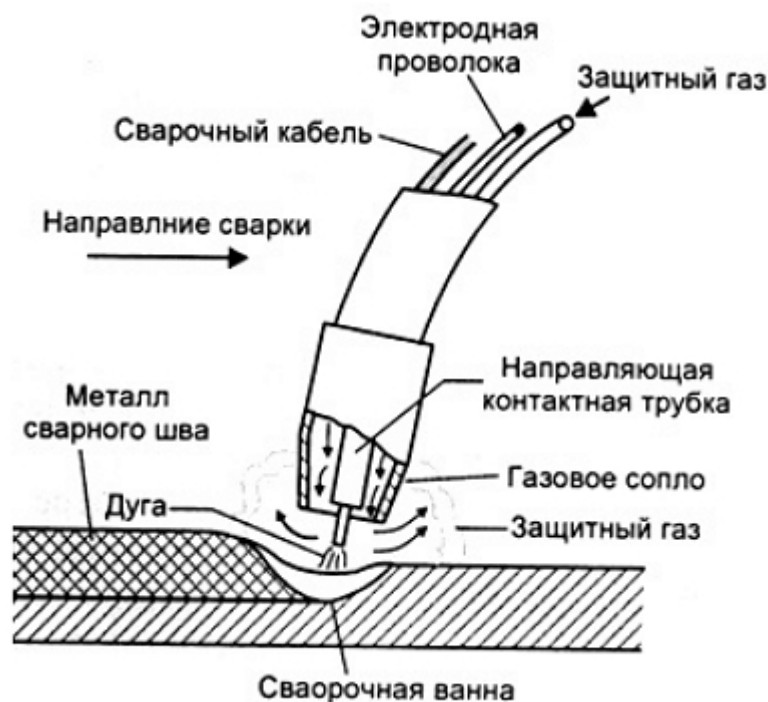


Рисунок 4 – Схема сварки в среде защитных газов

Коэффициент наплавки при сварке в защитном газе выше, чем при сварке под флюсом. При сварке постоянным током прямой полярности этот коэффициент в 1,5-1,8 раза выше, чем при сварке током обратной полярности. Процесс сварки характеризуется высокой производительностью, достигающей 18 кг / ч наплавленного металла. Скорость сварки достигает 60 м / ч.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.125 ПЗ

Лист

18

Производительность сварки в углекислом газе в 1,5-4 раза выше производительности ручной сварки с электродами с покрытием и в 1,5 раза выше, чем при сварке под флюсом. Добавки в углекислый газ аргона (иногда добавляют кислород) изменяют технические свойства дуги (глубина проникновения и форма шва, стабильность дуги и т. д.) И позволяют регулировать концентрацию легирующих элементов в металле шва.

Для нашей стали, условий работы изделия и с учетом конструкции мы принимаем автоматическую сварку в среде защитных газов. Ручная дуговая сварка не является производительной и требует много времени.

#### 1.4 Выбор и описание сварочных материалов

Сварочные материалы, используемые в базовом варианте:

Сварочная проволока Св-08Г2С, смесь защитных газов Ar+CO<sub>2</sub>.

##### **Сварочная проволока**

Марка: Св-08Г2С

Классификация: Проволока стальная сварочная

Применение: Сварочная холоднотянутая проволока из легированной стали для сварки (наплавки) и изготовления электродов

Сварка проволокой Св-08Г2С ГОСТ 2246-70 предназначена для различных сварочных работ с узлами и частями повышенной ответственности. Можно выполнять операцию наплавки.

Св-08Г2С используется при работе со сварочными автоматами и полуавтоматами в промышленности. Она гарантирует прочное и качественное соединение, характеризующееся чистым и ровным сварочным швом.

Сортамент, о котором идет речь, может также производиться с поверхностным омеднением, что указывается дополнительной буквой О в обозначении материала. В ряде источников такая проволока называется Св-08Г2С,

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

но это не дополнительное легирование с помощью вольфрама или кремния, а лишь небольшая техническая вольность.

Таблица 4 – Химический состав в % проволоки Св-08Г2С [9]

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N
0.05 - 0.11	0.7 - 0.95	1.8 - 2.1	до 0.25	до 0.025	до 0.03	до 0.2	до 0.01

Таблица 5 – Механические свойства металла шва или наплавленного металла по ГОСТ 2246-70

Механические свойства наплавленного металла	Нормативные	Типичные
Предел текучести, МПа	490-660	580
Временное сопротивление разрыву, МПа	$\leq 375$	475
Относительное удлинение, %	$\leq 22$	25
Работа удара, Дж	$\leq 47(-20^{\circ}\text{C})$	50

### Защитный газ

Технология сварки в защитной среде с использованием сварочных газовых смесей значительно улучшает качество работы и эффективность сварки. Новым уровнем в совершенствовании сварочных процессов стало использование газовых смесей на основе аргона.

Преимущества использования газовых сварочных смесей на основе аргона по сравнению с диоксидом углерода:

Увеличенное количество наплавленного металла за единицу времени и уменьшение потерь электродного металла на разбрызгивания.

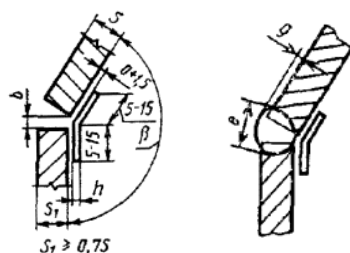
Уменьшенное количество разбрызгивания в области сварного соединения и как следствие, снижение до 95% трудоёмкости для их удаления. Увеличение плотности и пластичности металла шва. Повышенная прочность сварного соединения. Процесс сварки стабилен даже при некоторой неравномерности подачи сварочной проволоки, а также при наличии на ее поверхности следов технологической смазки или ржавчины.

Для сварки низколегированных сталей марки 09Г2С наиболее выгодным и экономичным будет использовать смесь газов –  $\text{Ar} + \text{CO}_2$  (К18).

Качество углекислого газа оказывает серьезное влияние на свойства металла шва. Увеличенное количество водяного пара и воды способствует образованию пор даже при хорошей защите дуги от воздуха и достаточном количестве кремния и марганца в сварочной ванне.

## 1.5 Расчёт параметров режима сварки

### 1. Соединение У2 по ГОСТ 23518-79



$S=10$  мм;  $b=1$  мм;  $e=12$  мм;  $q=1$  мм.

Рисунок 5 – Соединение У2 по ГОСТ 23518-79, сварной шов №1

Площадь наплавленного металла находится по формуле (3):

$$F_H = h * b + 0,75 * e * q, \text{ мм}^2 \quad (3)$$

$$F_H = 6 + 9 = 15 \text{ мм}^2$$

Глубина проплавления находится по формуле (4):

$$H_1 = h - 0,5 * b, \text{ мм}^2 \quad (4)$$

$$H_1 = 6 - 0,5 = 5,5 \text{ мм}^2$$

Диаметр присадочной проволоки находится по формуле (5):

$$d_э = \sqrt[4]{h_p} \pm 0,05 * h_p, \text{ мм} \quad (5)$$

$$d_э = \sqrt[4]{5,5} \approx 1,5, \text{ мм}$$

Принимаем  $dэ = 1,6$  мм

Рассчитаем значение сварочного тока  $I_{св}$  по формуле (6):

$$I_{св} = \frac{h_{K1}}{K_H} * 100, A, \quad (6)$$

где  $K_H$  - коэффициент проплавления, принимаем из таблицы [11]

$$I_{св} = \frac{5,5}{2,9} * 100 = 190 A$$

Примем  $I_{св} = 190 \pm 5 A$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки по формуле (7):

$$lэ = 10 * dэ \pm 2 * dэ, \text{ мм} \quad (7)$$

$$lэ = 10 * 1,6 \pm 2 * 1,6 = 16 \pm 3,2 \text{ мм}$$

Рассчитаем плотность тока по формуле (8):

$$j = \frac{4 * I_{св}}{\pi * d_э^2}, A/\text{мм}^2 \quad (8)$$

$$j = \frac{4 * 190}{3,14 * 1,6^2} = 85 A/\text{мм}^2$$

Найдем величину коэффициента расплавления и коэффициента наплавки по формуле (9) и (10) соответственно:

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$\alpha_p = 1,21 * I_{CB}^{0,32} * l_3^{0,39} * \frac{1}{d_3^{0,64}}, \text{Г/А*ч} \quad (9)$$

$$\alpha_p = 1,21 * 190^{0,32} * 16^{0,39} * \frac{1}{1,6^{0,64}} = 14,2$$

$$\alpha_H = \alpha_p * \frac{100-\Psi}{100}, \text{Г/А*ч} \quad (10)$$

где  $\Psi$  - коэффициент потерь,  $\Psi_H = 3,8 \%$  [12]

$$\alpha_H = 14,2 * \frac{100-3,8}{100} = 13,7 \text{ Г/А*ч}$$

Рассчитаем скорость сварки  $V_{CB1}$  по формуле (11):

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H * I_{CB}}{3600 * \rho * F_{H1}}, \text{м/ч}, \quad (11)$$

где  $\rho$  – плотность стали,

$$\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$$

$$V_{CB1} = \frac{13,7 * 190}{3600 * 7,8 * 0,15} = 0,62 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 22,3 \text{ м/ч}$$

Рассчитаем напряжение на дуге по формуле (12):

$$U_D = 14 + 0,05 * I_{CB}, \text{В} \quad (12)$$

$$U_D = 14 + 0,05 * 190 = 23,5 \sim 24 \text{ В}$$

Расчет погонной энергии выполняется по формуле (13):

$$q_n = \frac{I_{CB} * U_D * \eta}{V_{CB}}, \quad (13)$$

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

где  $q_n$  – погонная энергия, Дж/см

$\eta$  – коэффициент полезного действия дуги,  $\eta = 0,75$

$$q_n = \frac{190 * 24 * 0,75}{0,62} = 5516 \text{ Дж/см}$$

Рассчитаем коэффициент провара  $\psi_{\text{пр}}$  по формуле (14):

$$\psi_{\text{пр}} = K * (19 - 0,01 * I_{\text{св}}) * \frac{d_{\text{э}} * U_{\text{д}}}{I_{\text{св}}}, \quad (14)$$

где  $\Psi_{\text{пр}}$  - коэффициент провара

$K$  - коэффициент, величина которого зависит от плотности тока и полярности; при  $j \leq 120 \text{ А/мм}^2$  для постоянного тока обратной полярности  $K = 0,367 * j^{0,1925}$

Коэффициент формы провара описывает соотношение ширины шва к глубине проплавления. Нормально сформированными считаются сварные швы с коэффициента  $\Psi_{\text{пр}}$  в пределах  $\Psi_{\text{пр}} = 0,8 \div 4$ , то сварной шов соответствует нормам формирования.

$$\psi_{\text{пр}} = 0,68 * (19 - 0,01 * 190) * \frac{1,6 * 24}{190} = 1,76 \sim 1,8$$

Проверим глубину проплавления по формуле (15):

$$h = 0,0081 * \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{\text{пр}}}}, \quad (15)$$

где  $h$  – глубина проплавления

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		



$$h = 0,0081 * \sqrt{\frac{5516}{1,8}} = 0,496 \text{ см}$$

заданная глубина проплавления  $h = 5,5$  мм,

расчетная глубина проплавления  $h = 5,0$  мм, отклонение менее 10%, что допустимо.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки по формуле (16):

$$V_{пп} = \frac{4 * F_{Hi} * V_{св} * (1 + 0,01 * \psi_{пр})}{\pi * d_s^2}, \frac{\text{м}}{\text{ч}} \quad (16)$$

$$V_{пп} = \frac{4 * 15 * 22,3 * (1 + 0,01 * 1,8)}{3,14 * 2,56} = 172 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$$

Расход газа находится по формуле (17):

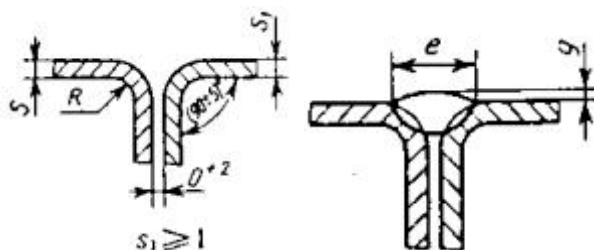
$$q_{\Gamma} = 0,0033 * I^{0,75}, \frac{\text{л}}{\text{мин}} \quad (17)$$

$$q_{\Gamma} = 0,0033 * 190^{0,75} = 0,17 \frac{\text{л}}{\text{с}} = 10,2 \frac{\text{л}}{\text{мин}}$$

Таблица 6 - Параметры режима сварки соединения С2

дэ, мм	Ісв	lэ, мм	Vсв, м/ч	Uд, В	Vпп, м/ч	F <sub>Н1</sub> , мм <sup>2</sup>
1,6	190±5	16±3,2	22,3±1,5	24±5	172±5	15

## 2. Соединение С28 по ГОСТ 14771-76



$S=4 \text{ мм}; e=11 \text{ мм}; b=1 \text{ мм}; q=1$

Рисунок 6 – Соединение С28 по ГОСТ 14771-76, сварной шов №3

Площадь наплавленного металла находится по формулам (18) и (19):

$$F_H = F_1 + 0,75 * e * q, \text{ мм}^2 \quad (18)$$

$$F_1 = \frac{\pi * S * 0,5 * e}{2}, \text{ мм}^2 \quad (19)$$

$$F_1 = \frac{3,14 * 4 * 0,5 * 11}{2} = 34,5 \text{ мм}^2$$

$$F_H = 34,5 + 0,75 * 11 * 1 = 34,5 + 8,25 = 42,8 \text{ мм}^2$$

Глубина проплавления находится по формуле (4):

$$h_{\Pi} = 4 - 0,5 * 1 = 3,5 \text{ мм}$$

Диаметр присадочной проволоки находится по формуле (5):

$$d_{\text{э}} = \sqrt[4]{h_{\Pi}} \pm 0,05 h_{\Pi}, \text{ мм} \quad (5)$$

$$d_{\text{э}} = \sqrt[4]{3,5} \pm 0,05 * 3,5 = 1,37 \pm 0,18 \text{ мм}$$

Принимаем  $d_{\text{э}} = 1,6 \text{ мм}$

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Рассчитаем значение сварочного тока  $I_{св}$  по формуле (6):

$$I_{св} = \frac{3,5}{1,75} * 100 = 200 \text{ A}$$

Примем  $I_{св} = 200 \pm 5 \text{ A}$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки по формуле (7):

$$l_э = 16 \pm 3,2 \text{ мм}$$

Рассчитаем плотность тока по формуле (8):

$$j = \frac{4 * I_{св}}{\pi * d_э^2}, \text{ A/мм}^2 \quad (8)$$

$$j = \frac{4 * 200}{3,14 * 2,56} = 99 \text{ A/мм}^2$$

Найдем величину коэффициента расплавления и коэффициента наплавки по формуле (9) и (10):

$$\alpha_p = 1,21 * I_{св}^{0,32} * l_э^{0,39} * \frac{1}{d_э^{0,64}}, \text{ г/А*ч} \quad (9)$$

$$\alpha_p = 1,21 * 200^{0,32} * 16^{0,39} * \frac{1}{1,6^{0,64}} = 14,4 \text{ г/А * ч}$$

$$\alpha_n = \alpha_p * \frac{100 - \psi_{п}}{100}, \text{ г/А*ч} \quad (10)$$

где  $\psi_{п}$  - коэффициент потерь 3,8% [12]

$$\alpha_n = 14,4 * \frac{100 - 3,8}{100} = 13,9 \text{ г/А*ч}$$

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Рассчитаем скорость сварки  $V_{св1}$  по формуле (11):

$$V_{св1} = \frac{\alpha_n * I_{св}}{3600 * \rho * 0,01 * F_{H1}}, \text{ см/с}, \quad (11)$$

где  $\rho$  – плотность стали,

$$\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$$

$$V_{св1} = \frac{13,9 * 200}{3600 * 7,8 * 0,428} = 0,23 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 8,28 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$$

Рассчитаем напряжение на дуге по формуле (12):

$$U_d = 14 + 0,05 * I_{св}, \text{ В} \quad (12)$$

$$U_d = 14 + 0,05 * 200 = 24 \text{ В}$$

Расчет погонной энергии выполняется по формуле (13):

$$q_n = \frac{I_{св} * U_d * \eta}{V_{св}}, \text{ Дж/см} \quad (13)$$

где  $\eta$  – коэффициент полезного действия дуги,  $\eta = 0,75$

$$q_n = \frac{200 * 24 * 0,75}{0,23} = 13352 \text{ Дж/см}$$

Рассчитаем коэффициент провара  $\psi_{пр}$  по формуле (14):

$$\psi_{пр} = K * (19 - 0,01 * I_{св}) * \frac{d_{э} * U_d}{I_{св}}, \quad (14)$$

где  $\Psi_{\text{пр}}$  - коэффициент провара

$K$  - коэффициент, величина которого зависит от плотности тока и полярности; при  $j \leq 120 \text{ А/мм}^2$  для постоянного тока обратной полярности  $K = 0,367 * j^{0,1925}$

Коэффициент формы провара описывает соотношение ширины шва к глубине проплавления. Нормально сформированными считаются сварные швы с коэффициента  $\Psi_{\text{пр}}$  в пределах  $\Psi_{\text{пр}} = 0,8 \div 4$ , то сварной шов соответствует нормам формирования.

$$\psi_{\text{пр}} = 0,89 * (19 - 0,01 * 200) * \frac{1,6 * 24}{200} = 4,76 \sim 4,8$$

Проверим глубину проплавления по формуле (15):

$$h = 0,0081 * \sqrt{\frac{q_n}{\Psi_{\text{пр}}}}, \text{ мм} \quad (15)$$

$$h = 0,0081 * \sqrt{\frac{13352}{4,8}} = 0,38 \text{ см}$$

заданная глубина проплавления  $h=3,5$  мм,

расчетная глубина проплавления  $h=3,8$  мм, отклонение менее 10%, что допустимо.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки по формуле (16):

$$V_{\text{пп}} = \frac{4 * F_{\text{Hi}} * V_{\text{св}} * (1 + 0,01 * \Psi_{\text{пр}})}{\pi * d_3^2}, \frac{\text{см}}{\text{с}} \quad (16)$$

$$V_{\text{пп}} = \frac{4 * 42,8 * 8,28 * (1 + 0,01 * 4,8)}{3,14 * 2,56} = 202 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$$

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Расход газа находится по формуле (17):

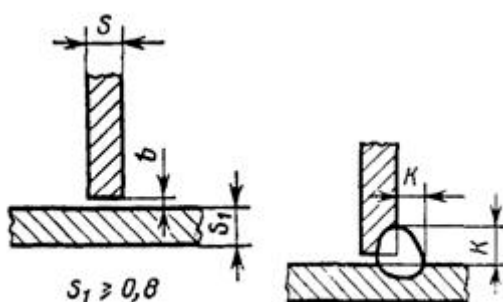
$$q_{\Gamma} = 0,0033 * I^{0,75}, \frac{\text{Л}}{\text{с}} \quad (17)$$

$$q_{\Gamma} = 0,0033 * 200^{0,75} = 0,18 \frac{\text{Л}}{\text{с}} = 10,8 \frac{\text{Л}}{\text{мин}}$$

Таблица 7 - Параметры режима сварки соединения С28

дэ, мм	Ісв, А	Іэ, мм	Усв, м/ч	Уд, В	Упп, м/ч	ГнІ, мм <sup>2</sup>
1,6	200±5	16±3,2	8,28±1,5	24±5	202±5	42,8

### 3. Соединение Т1 по ГОСТ 14771 – 76.



s=4 мм; b=1 мм; k= 4 мм

Рисунок 7 – Соединение Т1 - Δ4 по ГОСТ 14771-76, сварной шов №9

Площадь наплавленного металла находится по формуле (20):

$$F_{\text{Н}} = \frac{k^2}{2} + 1,05 * k, \quad (20)$$

где k – катет шва, k = 4 мм

$$F_{\text{Н}} = \frac{16}{2} + 1,05 * 4 = 12,2 \text{ мм}^2$$

Глубина проплавления находится по формуле (21):

$$h_{K1} = (0,7 \div 1,1) * K, \text{ мм} \quad (21)$$

$$h_{K1} = 0,8 * 4 = 3,2 \text{ мм}$$

Диаметр присадочной проволоки находится по формуле (22):

$$d_э = K_d * F_n^{0,625}, \text{ мм} \quad (22)$$

где  $K_d$  – табличный коэффициент,  $K_d = 0,15$  при сварке в нижнем положении [11]

$$d_э = 0,15 * 12,2^{0,625} = 0,15 * 4,78 = 0,72 \text{ мм}$$

Примем  $d_э = 0,8$  мм, как диаметр проволоки из основного ряда диаметров по ГОСТ 2246-70.

Рассчитаем значение сварочного тока  $I_{св}$  по формуле (6):

$$I_{св} = \frac{h_{K1}}{K_H} * 100, A, \quad (6)$$

где  $K_H$  - коэффициент проплавления, принимаем из таблицы [11]

$$I_{св} = \frac{3,2}{2,1} * 100 = 152,38 \sim 150 \pm 5 A$$

Примем  $I_{св} = 150 \pm 5 A$

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки по формуле (7):

$$l_э = 10 \cdot 0,8 \pm 2 \cdot 0,8 = 8 \pm 1,6 \text{ мм}$$

Рассчитаем плотность тока по формуле (8):

$$j = \frac{4 \cdot 150}{3,14 \cdot 0,64} = 299 \text{ А/мм}^2$$

Найдем величину коэффициента расплавления и коэффициент наплавки по формуле (9) и (10) соответственно:

$$\alpha_p = 1,21 \cdot 150^{0,32} \cdot 8^{0,39} \cdot \frac{1}{0,8^{0,64}} = 15,6$$

$$\alpha_n = 15,6 \cdot \frac{100-3,8}{100} = 15,0 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

Коэффициент потерь  $\Psi_n = 3,8 \%$  [12].

Рассчитаем скорость сварки  $V_{св3}$  по формуле (11):

$$V_{св3} = \frac{15,0 \cdot 150}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,12} = 0,66 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 39,6 \text{ см/мин} = 23,8 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$$

Рассчитаем напряжение на дуге по формуле (12):

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 150 = 21,5 \sim 22 \text{ В}$$

Расчет погонной энергии выполняется по формуле (13):

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		



$$q_n = \frac{150 * 22 * 0,75}{0,396} = 6250 \text{ Дж/см}$$

Рассчитаем коэффициент провара  $\psi_{\text{пр}}$  по формуле (14):

$$\psi_{\text{пр}} = 0,92 * (19 - 0,01 * 150) * \frac{0,8 * 22}{150} = 2,455 \sim 2,5$$

Коэффициент формы провара описывает соотношение ширины шва к глубине проплавления. Нормально сформированными считаются сварные швы с коэффициента  $\Psi_{\text{пр}}$  в пределах  $\Psi_{\text{пр}} = 0,8 \div 4$ , то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле (15):

$$h = 0,0081 * \sqrt{\frac{6250}{2,5}} = 0,354 \text{ см} = 3,5 \text{ мм}$$

заданная глубина проплавления  $h = 3,2 \text{ мм}$ ,

расчетная глубина проплавления  $h = 3,5 \text{ мм}$ , отклонение менее 10%, что допустимо.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки по формуле (16):

$$V_{\text{пп}} = \frac{4 * 12,2 * 0,66 * (1 + 0,01 * 1,85)}{3,14 * 0,64} = 163 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$$

Расход газа находится по формуле (17):

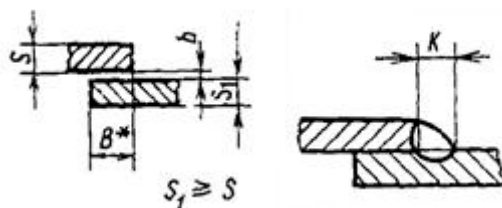
$$q_{\Gamma} = 0,0033 * 150^{0,75} = 0,14 \frac{\text{л}}{\text{с}} = 8,4 \frac{\text{л}}{\text{мин}}$$

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 8 - Параметры режима сварки соединения Г1

дэ, мм	Ісв, А	Іэ, мм	Vсв, м/ч	Uд, В	Vпп, м/ч	F <sub>Н1</sub> , мм <sup>2</sup>
0,8	150±5	8±1,6	23,8±1,5	22±5	163±5	12,2

#### 4. Соединение Н1 по ГОСТ 14771-76



$S=4$  мм;  $b=1$  мм;  $k=3$  мм

Рисунок 8 – Соединение Н1 - Δ3 по ГОСТ 14771-76, сварной шов №12

Площадь наплавленного металла находится по формуле (21):

$$F_H = F_1 + F_2, \text{ мм}^2 \quad (21)$$

$$F_1 = 0,73 * q * e, \text{ мм}^2$$

$$F_2 = \frac{K^2}{2}, \text{ мм}^2$$

где  $q$  – выпуклость сварного шва, мм,  $q = 2$  мм

$e$  – ширина сварного шва,  $e = 4,24$  мм

$K$  – катет шва,  $K = 3$  мм

$$F_1 = 0,73 * 2 * 4,24 = 6,2 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = \frac{9}{2} = 4,5 \text{ мм}^2$$

$$F_H = 6,2 + 4,5 = 10,7 \text{ мм}^2$$

Глубина проплавления находится по формуле (21):

$$h_{K1}=1,1 * 3=3,3 \text{ мм}^2$$

Диаметр присадочной проволоки находится по формуле (22):

$$dэ=0,12 * 10,7^{0,625} = 0,53 \text{ мм}$$

Примем  $dэ=0,8$  мм, как диаметр проволоки из основного ряда диаметров по ГОСТ 2246-70.

Рассчитаем значение сварочного тока  $I_{св}$  по формуле (6):

$$I_{св} = \frac{h_{K1}}{K_H} * 100, A, \quad (6)$$

где  $K_H$  - коэффициент проплавления, принимаем из таблицы [11]

$$I_{св} = \frac{3,3}{2,9} * 100 = 114 A$$

Примем  $I_{св} = 114 \pm 5 A$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки по формуле (7):

$$lэ = 10 * 0,8 \pm 2 * 0,8 = 8 \pm 1,6 \text{ мм}$$

Рассчитаем плотность тока по формуле (8):

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$j = \frac{4 * 114}{3,14 * 0,64} = 227 \text{ A/мм}^2$$

Найдем величину коэффициента расплавления и коэффициент наплавки по формуле (9) и (10) соответственно:

$$\alpha_p = 1,21 * 114^{0,32} * 8^{0,39} * \frac{1}{0,8^{0,64}} = 14,3 \text{ г/А*ч}$$

$$\alpha_n = \alpha_p * \frac{100-\Psi}{100}, \text{ г/А*ч}$$

где  $\Psi$  - коэффициент потерь,  $\Psi_n = 3,8 \%$  [12].

$$\alpha_n = 14,9 * \frac{100-3,8}{100} = 14,3 \text{ г/А*ч}$$

Рассчитаем скорость сварки  $V_{св4}$  по формуле (11):

$$V_{св3} = \frac{14,3 * 114}{3600 * 7,8 * 0,107} = 0,54 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 19,4 \text{ м/ч}$$

Рассчитаем напряжение на дуге по формуле (12):

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 114 = 19,7 \sim 20 \text{ В}$$

Расчет погонной энергии выполняется по формуле (13):

$$q_n = \frac{114 * 20 * 0,75}{0,54} = 3167 \text{ Дж/см}$$

Рассчитаем коэффициент провара  $\psi_{\text{пр}}$  по формуле (14):

$$\psi_{\text{пр}} = 0,92 * (19 - 0,01 * 114) * \frac{0,8 * 20}{114} = 2,3$$

где  $\psi_{\text{пр}}$  - коэффициент провара

$K$  - коэффициент, величина которого зависит от плотности тока и полярности; при  $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$  для постоянного тока обратной полярности  $K = 0,92$

Коэффициент формы провара описывает соотношение ширины шва к глубине проплавления. Нормально сформированными считаются сварные швы с коэффициента  $\psi_{\text{пр}}$  в пределах  $\psi_{\text{пр}} = 0,8 \div 4$ , то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле (15):

$$h = 0,0081 * \sqrt{\frac{3167}{2,3}} = 0,3 \text{ см} = 3 \text{ мм}$$

заданная глубина проплавления  $h = 3,3 \text{ мм}$ ,

расчетная глубина проплавления  $h = 3 \text{ мм}$ , отклонение менее 10%, что допустимо.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки по формуле (16):

$$V_{\text{пп}} = \frac{4 * 10,7 * 19,4 * (1 + 0,01 * 2,3)}{3,14 * 0,64} = 423 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$$

Расход газа находится по формуле (17):

$$q_{\Gamma} = 0,0033 * 114^{0,75} = 0,12 \text{ л/с} = 7,2 \frac{\text{л}}{\text{мин}}$$

Таблица 9 - Параметры режима сварки соединения Н1

dэ, мм	Iсв, А	lэ, мм	Vсв, м/ч	Уд, В	Vпп, м/ч	F <sub>Н1</sub> , мм <sup>2</sup>
0,8	114±5	8±1,6	19,4±1,5	20±5	423±5	10,7

## 1.6 Выбор оборудования

Для раскроя металла выбираем лазерный станок для резки металла с ЧПУ USI-1530



Рисунок 9 - Лазерный станок для резки металла с ЧПУ USI-1530

Таблица 10 – Технические характеристики станка для резки металла USI-1530

Модель станка	USI-1530
Размер рабочего стола , мм	1500*3000
Тип лазера	Оптоволоконный иттербиевый лазер
Производитель лазера	Raycuslaser или IPG (опция)
Длина волны лазера, нм	1070
Срок работы лазера	100 000 - 400 000 часов
Вид охлаждения	Водяной чиллер CW-6100( по мощности источника)
Система управления	Сурcut (на русском) + версия для ПК
Формат работы	CAD, CorelDRAW. Поддерживает форматы: plt, AI path, dxf, lxd, gbx, NC code.
Система подачи листа	Автоматическая пневматическая поддержка
Смазка	Централизованная система смазки(автомат.)
Макс. Скорость резки, /хода	35м/мин /(холостой ход до 120м/мин)
Точность позиционирования , мм	±0.04
Точность повторного позиционирования,	±0.02

мм	
Минимальная ширина реза, мм	<0.12
Напряжение, В	220/380
Частота тока, Гц	50
Габариты без упаковки д/ш/в, мм	4500x2200x1500
Вес нетто, кг	2500

Таблица 11 – Максимальная толщина резки

Мощность, Вт	200	300	500	750	1000	1200	1500
Толщина, мм Углеродистая сталь	0,2-2	0.2-3	0.2-5	0.2-8	0.2-10	0.2-12	0.2-15
Толщина, мм Нержавеющая сталь	0,2-1	0.2-1.5	0.2-3	0.2-4	0.2- 5	0.2- 6	0.2- 8

### Кондуктор для сборки и сварки рам FOERSTER Gmbh 4500



Рисунок 10 - Кондуктор для сборки и сварки рам FOERSTER Gmbh 4500

Таблица 12 – Характеристики кондуктора

Максимальная нагрузка, кг	200
Размер рамы, мм	4000*3000
Диапазон вертикального поворота, °	225
Тормозной механизм	при помощи мотора
Выравнивание нагрузки	при помощи мотора

**Кондуктор для сборки и сварки рам FOERSTER Gmbh 4500** - стационарный поворотный стапель для сборки и сварки рамных конструкций. С пневмо-балансировкой нагрузки. Максимальный размер рамы 4,0х3,0 м, мак-

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		



симальная полезная нагрузка 200 кг. С параллельными подвижными траверсами, поворот при помощи электропривода. Возможностью сварки со всех сторон крупногабаритных рамочных конструкций, возможна поставка дополнительной подвижной траверсы. Поворот на 180° с фиксацией 15° в каждую сторону.

Сварочный инвертор Сварог MIG 250 (J46)



Рисунок 11 - Сварочный инвертор Сварог MIG 250 (J46)

Таблица 13 - Технические характеристики сварочного инвертора Сварог MIG 250 (J46)

Тип сварочного аппарата	инвертор
Максимальная сила тока, А	250
Напряжение, В	380
Вес, кг	18.5
Максимальный диаметр электрода, мм	10
КПД, %	85
Потребляемая мощность, Вт	8300
Габаритные размеры, мм	480x205x355

## Колонна сварочная поворотная ПК-2

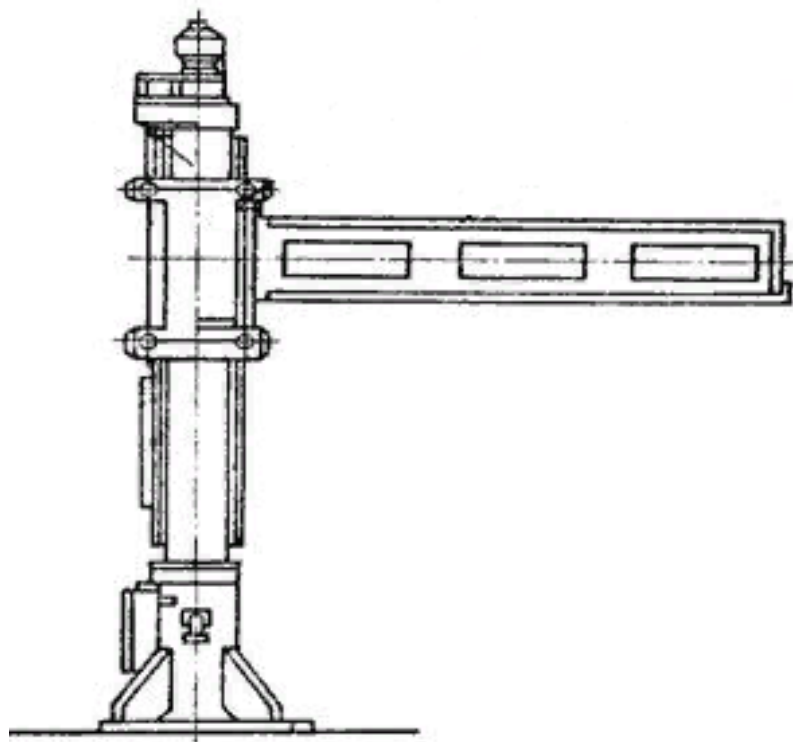


Рисунок 12 – Колонна сварочная поворотная ПК-2

Колонна предназначена для перемещений самоходных сварочных автоматов при сварке линейных и кольцевых швов.

Основные характеристики:

Высота уровня сварки, мм:

- Наименьшая 800;
- Наибольшая 2400;

Вылет консоли от оси колонны до оси электрода, мм:

- Наименьший 1100;
- Наибольший 2000;
- Скорость горизонтального перемещения консоли, м/мин: 1;
- Скорость подъема/опускания консоли, м/мин: 2;
- Угол пов-та стойки, град: 360;
- Габаритные размеры (ДхШхВ), мм: 2380х100х4500;

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		42

- Масса, кг: 2100.

Колонна состоит из основания, стойки, консоли, каретки и привода подъема и опускания консоли. Вертикальное перемещение каретки с консолью осуществляется от электродвигателя, через двух ступенчатую зубчатую передачу, ходовой винт и гайку укрепленную на каретке. Каретка перемещается по вертикальным направляющим стойки на четырех роликах. Стойку с консолью поворачивают вокруг основания вручную и фиксируют фрикционным зажимом. Прямолинейные швы сваривают перемещающийся автомат по консоли со сварочной скоростью. Кольцевые швы сваривают при неподвижном автомате и вращении изделия на вращателе или манипуляторе.

Головка подвесная ГПГ – 500



Рисунок 13 - Головка подвесная ГПГ – 500

Таблица 14 – Технические характеристики

Модель	ГПГ - 500
Диаметр электродной проволоки	0,8 - 2
Среда	защитный газ
Напряжение питающей сети, В	380
Сварочный ток, А	500
Масса, кг	45

Назначение:

Предназначены для дуговой механизированной сварки и наплавки плавящимся электродом в среде защитных газов, открытой дугой или под флюсом.

Достоинства изделия:

Головка подвесная ГПФ-500 работает с унифицированным механическим сварочным оборудованием – поворотными колоннами, глагольными и вело-тележками, арочными порталами, вращателями.

Выпрямитель сварочный универсальный типа ВДУ - 506



Рисунок 14 - Выпрямитель сварочный универсальный ВДУ – 506

Таблица 15 – Технические характеристики

Номинальное напряжение трехфазной питающей сети, В	380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А	500
Номинальная продолжительность нагрузки ПН при длительности цикла сварки 10 мин, %	60
Диапазон регулирования сварочного тока, А	50-500

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		44

Первичный ток, А, не более	85
Номинальное рабочее напряжение, В	50
Диапазон регулирования рабочего напряжения, В	18-50
Напряжение холостого хода, В, не более	85
Потребляемая мощность, кВт·А, не более	34
КПД, %, не менее	75
Масса, кг, не более	270

### Угловая шлифовальная машинка BOSCH PWS 700-115



Рисунок 15 - Угловая шлифовальная машинка BOSCH PWS 700-115

Таблица 16 – Технические характеристики

Тип машины	угловая
Потребляемая мощность, Вт	700
Макс. частота вращения диска, об/мин	11000
Макс. диаметр диска, мм	115
Резьба шпинделя	M14
Питание	от сети

Таблица 17 – Возможности и функции

Возможности	фиксация шпинделя, блокировка кнопки включения
Дополнительная рукоятка	двухпозиционная
Вес, кг	1,68

## Контроль качества сварных соединений

**Капиллярная дефектоскопия** - метод дефектоскопии, основанный на проникновении определенных жидких веществ в поверхностные дефекты изделия под действием капиллярного давления, в результате чего повышается свето и цветоконтрастность дефектного участка относительно неповрежденного.

Капиллярная дефектоскопия (капиллярный контроль) предназначен для выявления невидимых или слабо видимых невооруженным глазом поверхностных и сквозных дефектов (трещины, поры, раковины, непровары, межкристаллическая коррозия, свищи и т.д.) в объектах контроля, определения их расположения, протяженности и ориентации по поверхности.

Капиллярные методы неразрушающего контроля основаны на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей (пенетрантов) в полости поверхностных и сквозных несплошностей материала объекта контроля и регистрации образующихся индикаторных следов визуальным способом или с помощью преобразователя.

Приборы и оборудования для капиллярного контроля:

- Материалы для цветной дефектоскопии, люминесцентные материалы
- Наборы для капиллярной дефектоскопии (очистители, проявители, пенетранты)
- Пульверизаторы, пневмогидропистолеты
- Источники ультрафиолетового освещения (ультрафиолетовые фонари, осветители).
- Испытательные панели (тест-панель)
- Контрольные образцы для цветной дефектоскопии

1.7 Технологическая последовательность изготовления корпуса форкамеры локомотива

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		46

Таблица 18 – Технология изготовления корпуса форкамеры локомотива

№ операции	Наименование операции	Содержание операции	Используемое оборудование и режимы
1	2	3	4
1	Заготовительная	Раскройка листа на заготовки. Нарезка швеллера	Лазерный станок для резки металла с ЧПУ USI-1530
2	Транспортировка	Транспортировать заготовки на сборочно-сварочный кондуктор	Кран мостовой 1 т
3	Контрольная	Провести контроль размеров заготовок	Комплект измерительных приборов ГОСТ 7644-80, рулетка с диапазоном измерений от нуля до 5 000мм
4	Сборка рамы	Выполнить прихватки L= 25 мм, шаг 100 мм.	Кондуктор для сборки и сварки рам FOERSTER GmbH 4500, сварочный инвертор Сварог MIG 250 (J46). Режимы для прихваток: dэ=1,6 мм, I=200±5 А, q=10,8 л/мин
5	Транспортировка	Транспортировать заготовки на сборочно-сварочную плиту	Кран мостовой 1 т
6	Сварка	Выполнить сварку сварным швом С2 по ГОСТ 14771-76 в соответствии с требованиями чертежа	Сварочный инвертор Сварог MIG 250 (J46). Режимы для сварки швов: dэ=1,6 мм, Iсв=190±5А, Vсв=23±5 м/ч, Uд=24±5 В, q=10,2 л/мин
7	Зачистка	Провести зачистку сварных швов	Угловая шлифовальная машинка BOSCH PWS 700-115, кордщетка с металлическим ворсом
8	Сборка	Установить листы на раму корпуса, выполнить прихватки L = 25 мм, шаг 100 мм	Сварочный инвертор Сварог MIG 250 (J46). Режимы для прихваток: dэ=0,8 мм, I=114±5 А, q=7,2 л/мин
9	Сварка	Выполнить сварку собранного корпуса форкамеры	Головка подвесная ГПГ – 500, Выпрямитель сварочный универсальный ВДУ – 506. Режимы для сварки швов: dэ=0,8 мм, Iсв=114±5А, Vсв=19±1,5 м/ч, Uд=20±5 В, q=7,2 л/мин
10	Зачистка	Провести зачистку сварных швов	Угловая шлифовальная машинка BOSCH PWS 700-115, кордщетка с металлическим ворсом
11	Контроль	Выполнить визуальный контроль качества сварных швов, и контроль путём капиллярной дефектоскопии	очиститель, пенетрант, проявитель, ультрафиолетовый фонарь

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.125 ПЗ

Лист

47

## 2 Экономический раздел

В ВКР спроектирован технологический процесс сборки и сварки корпуса форкамеры локомотива с применением автоматической (роботизированной) и полуавтоматической сварки в среде защитных газов.

По базовому варианту работа выполнялась механизированной (полуавтоматической) сваркой в среде  $\text{Ar}+\text{CO}_2$  (K18). При этом для сборки и сварки использовалась сварочная установка, в состав которой входили полуавтомат: Сварочный инвертор Сварог MIG 250(J46), сварочная горелка, сварочная плита, баллон с газовой смесью K18.

### 2.1 Определение капиталобразующих инвестиций

Определение технологических норм времени для получения сварного изделия

Общее время на выполнение сварочной операции  $T_{\text{шт-к}}$ , ч., состоит из нескольких компонентов и определяется по формуле (23):

$$T_{\text{шт-к}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{пз}} + t_{\text{в}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{п}}, \quad (23)$$

где  $T_{\text{шт-к}}$  – штучно-калькуляционное время на выполнение сварочной операции, ч;

$t_{\text{осн}}$  – основное время, ч;

$t_{\text{пз}}$  – подготовительно - заключительное время, ч;

$t_{\text{в}}$  – вспомогательное время, ч;

$t_{\text{обс}}$  – время на обслуживание рабочего места, ч;

$t_{\text{п}}$  – время перерывов на отдых и личные надобности, ч.

Основное время – это время на непосредственное выполнение сварочной операции. Оно определяется по формуле (24):

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		



$$t_{\text{осн}} = \frac{L_{\text{шв}}}{V_{\text{св}}}, \text{ ч}, \quad (24)$$

где  $L_{\text{шв}}$  – сумма длин всех швов, м,  $\Sigma L_{\text{шв}} = 15,25$  м;

$v_{\text{свп}}$  – скорость сварки (проектируемый вариант), м/ч,  $V_{\text{св}} = 15$  м/ч;

$v_{\text{свб}}$  – скорость сварки (базовый вариант), м/ч,  $V_{\text{св}} = 8$  м/ч

Определяем основное время по формуле для обоих вариантов

$$t_{\text{осн}} = \frac{15,25}{8} = 1,91 \text{ ч (базовый вариант)}$$

$$t_{\text{осн}} = \frac{15,25}{15} = 1,02 \text{ ч (проектируемый вариант)}$$

Подготовительно-заключительное время ( $t_{\text{пз}}$ ) включает в себя такие операции как получение производственного задания, инструктаж, получение и сдача инструмента, осмотр и подготовка оборудования к работе и т.д. При его определении общий норматив времени  $t_{\text{пз}}$  делится на количество деталей, выпущенных в смену. Находится по формуле (25):

$$t_{\text{пз}} = 10\% \text{ от } t_{\text{осн}} \quad (25)$$

$$t_{\text{пз}} = \frac{1,91 \cdot 10}{100} = 0,191 \text{ ч (базовый вариант)}$$

$$t_{\text{пз}} = \frac{1,02 \cdot 10}{100} = 0,102 \text{ ч (проектируемый вариант)}$$

Вспомогательное время ( $t_{\text{в}}$ )

Включает в себя время на заправку кассеты с электродной проволокой  $t_{\text{э}}$ , осмотр и очистку свариваемых кромок  $t_{\text{кр}}$ , очистку швов от шлака и брызг  $t_{\text{бр}}$ , клеймение швов  $t_{\text{кл}}$ , установку и поворот изделия, его закрепление  $t_{\text{уст}}$ , находится по формуле (26):

$$t_{\text{в}} = t_{\text{э}} + t_{\text{кр}} + t_{\text{бр}} + t_{\text{уст}} + t_{\text{кл}} \quad (26)$$

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

При полуавтоматической и автоматической сварке во вспомогательное время входит время на заправку кассеты с электродной проволокой. Это время можно принять равным  $t_3 = 5 \text{ мин} = 0,083 \text{ ч}$ .

Время зачистки кромок или шва  $t_{кр}$  (мин.) вычисляют по формуле (27):

$$t_{кр} = L_{шв} \cdot (0,6 + 1,2 \cdot (n_c - 1)) \quad (27)$$

где  $n_c$  – количество слоев при сварке за несколько проходов,  $n_c = x$ ;

$L_{шв}$  – длина шва, м,  $L_{шв} = x \text{ м}$ .

Рассчитываем время зачистки кромок или шва по формуле для обоих вариантов

$$t_{кр} = 15,25 \cdot (0,6 + 1,2 \cdot (1 - 1)) = 9,2 \text{ мин} = 0,15 \text{ ч}$$

Сварка и в базовом и проектируемом варианте производится в один проход. Время на очистку швов от шлака и брызг  $t_{бр}$  (мин.) рассчитываем по формуле (28):

$$t_{бр} = L_{шв} \cdot (0,6 + 1,2 \cdot (n_c - 1)) \quad (28)$$

$$t_{бр} = 15,25 \cdot (0,6 + 1,2 \cdot (1 - 1)) = 9,2 \text{ мин} = 0,15 \text{ ч}$$

Время на установку клейма ( $t_{кл}$ ) принимают 0,03 мин. на 1 знак,  $t_{кл} = 0,21 \text{ мин} = 0,0035 \text{ ч}$ .

Время на установку, поворот и снятие изделия ( $t_{уст}$ ) зависит от его массы, данные указаны в таблице

Таблица 19 – Норма времени на установку, поворот и снятие изделия в зависимости от его массы

Элементы работ	Вес изделия, кг						
	5	10	15	25	до 40	до 50	до 100

	Время, мин						
	вручную				краном		
Установить, повернуть, снять сборочную единицу и отнести на место складирования	1,30	3,00	4,30	6,00	5,20	6,30	8,40

При массе изделия  $m=282$  кг:

$$t_{\text{уст}} \approx 18 \text{ мин} = 0,3 \text{ ч.}$$

Таким образом рассчитываем значение  $t_{\text{в}}$  для обоих вариантов (оно одинаково)

$$t_{\text{в}} = 0,083 + 0,15 + 0,15 + 0,3 + 0,0035 = 0,69 \text{ ч.}$$

Время на обслуживание рабочего места ( $t_{\text{обс}}$ ) включает в себя время на установку режима сварки, наладку автомата, уборку инструмента и т.д., находится по формуле (28):

$$t_{\text{обс}} = (0,06 \dots 0,08) \cdot t_{\text{осн}} \quad (29)$$

$$t_{\text{обс}} = (0,06 \dots 0,08) \cdot t_{\text{осн}} = X \text{ ч}$$

Рассчитываем время на обслуживание рабочего места ( $t_{\text{обс}}$ ) по формуле для обоих вариантов

$$t_{\text{обс}} = 0,07 \cdot 1,91 = 0,13 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{\text{обс}} = 0,07 \cdot 1,02 = 0,07 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

Время перерывов на отдых и личные надобности зависит от положения, в котором сварщик выполняет работы. При сварке в удобном положении время перерывов находится по формуле (30):

$$t_{\Pi} = 0,07 \cdot t_{\text{осн}} \quad (30)$$

Рассчитываем  $t_{\Pi}$  по формуле для базового и проектируемого вариантов соответственно

$$t_{\Pi} = 0,07 \cdot 1,91 = 0,13 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{\Pi} = 0,07 \cdot 1,02 = 0,07 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

Таким образом, расчет общего времени  $T_{\text{шт-к}}$  на выполнение сварочной операции по обоим вариантам производим по формуле

$$T_{\text{шт-к}} = 1,91 + 0,191 + 0,69 + 0,13 + 0,13 \approx 3,05 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 1,02 + 0,102 + 0,69 + 0,07 + 0,07 \approx 1,95 \text{ ч. (проектный вариант).}$$

## 2.2 Расчет количества оборудования и его загрузки

Время сварки на одно изделие находится по формуле (31):

$$t_{\text{осн}} = \frac{L_{\text{шв}}}{V_{\text{св}}}, \text{ ч} \quad (31)$$

$$t_{\text{осн}} = 1,91 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{\text{осн}} = 1,02 \text{ ч. (проектируемый вариант).}$$

Определяем общую трудоемкость годовой производственной программы  $T_{\text{произв. пр.}}$  сварных конструкций по операциям техпроцесса по формуле (32):

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						52
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$T_{\text{произв. пр.}} = T_{\text{шт}} \cdot N, \text{ ч} \quad (32)$$

где  $T_{\text{шт-к}}$  - штучно-калькуляционное время технологической операции - сварки, ч. на одну металлоконструкцию;

$N$  – годовая программа, шт., в нашем случае  $N = 100$  шт.

$$T_{\text{произв. пр.}} = 3,05 \cdot 100 = 305 \text{ ч.}$$

$$T_{\text{произв. пр.}} = 1,95 \cdot 100 = 195 \text{ ч.}$$

Определим трудоемкость только процесса сварки при выполнении годовой производственной программы по формуле (33):

$$T_{\text{год}} = t_{\text{осн}} \cdot N, \text{ ч} \quad (33)$$

$$T_{\text{год}} = 1,91 \cdot 100 = 191 \text{ ч.}$$

$$T_{\text{год}} = 1,02 \cdot 100 = 102 \text{ ч.}$$

Количество единиц сварочного оборудования рассчитывается по формуле (34):

$$C_p = \frac{T_{\text{год}}}{\Phi_d \cdot K_n \cdot K_{cm}}, \quad (34)$$

где  $\Phi_d$  – действительный фонд времени работы оборудования, час.  
( $\Phi_d = 1914 \text{ час.}$ );

$K_n$  – коэффициент выполнения норм ( $K_n = 1,1 \dots 1,2$ );

$K_{cm}$  – количество смен, ( $K_{cm} = 1$ )

$$C_p = \frac{191}{1914 \cdot 1,1} = 0,09$$

$$C_p = \frac{102}{1914 \cdot 1,1} = 0,05$$

Принятое количество оборудования  $C_p$  определяем путём округления расчётного количества в сторону увеличения до ближайшего целого числа. Следует иметь в виду, что допускаемая перегрузка рабочих мест не должна превышать 5 – 6%. Таким образом, по базовой технологии используются три рабочих места для сварки годового объема продукции. По новой измененной технологии достаточно двух установок для автоматической сварки в среде защитного газа. Примем для базового варианта  $C_{пр} = 1$  шт., для проектируемого варианта примем  $C_{пр} = 1$  шт.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования  $K_3$  производится по формуле (35):

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{пр}} \quad (35)$$

где  $K_3$  – коэффициент загрузки оборудования;

$C_p$  – количество оборудования по операциям техпроцесса, шт.;

$C_{пр}$  – принятое количество оборудования, шт.

$$K_3 = \frac{0,09}{1} = 0,09 \text{ (базовый вариант)}$$

$$K_3 = \frac{0,05}{1} = 0,05 \text{ (проектируемый вариант)}$$

### 2.3 Расчет капитальных вложений

Для внедрения новой технологии необходимо приобрести или изготовить новое оборудование и техоснастку, так как их не имеется в наличии на

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		54

производстве. Затраты на приобретение оборудования будут являться дополнительными затратами на внедрение новой технологии. Для проведения расчета балансовой стоимости оборудования необходимо знать цену приобретения выбранного в технологии оборудования. Для этого представляем исходные данные в виде таблицы.

Таблица 20 – Состав и стоимость технологического оборудования

Наименование технологического оборудования	Кол-во, шт.	Цена приобретения тыс. руб./штука Базовый вариант	Цена приобретения тыс. руб./штука Проектируемый вариант
Лазерный станок для резки металла с ЧПУ USI-1530	1	3740	3740
Кондуктор для сборки и сварки рам FOERSTER GmbH 4500	1	200	200
Сварочный инвертор Сварог MIG 250 (J46)	1	35	35
Колонна сварочная поворотная ПК-2	1		500
Головка подвесная ГПП – 500	1		1500
Выпрямитель сварочный универсальный ВДУ – 506	1		120
Угловая шлифовальная машинка BOSCH PWS 700-115	1	3	3
Сварочная проволока Св-08Г2С, Ø0,8 мм, m=18кг	1	2,3	2,3
Сварочная проволока Св-08Г2С, Ø1,6 мм m=18кг	1	2,2	
Итого:	9	3982,5	6100,3
Строительно-монтажные работы (20% от общей стоимости технологического оборудования), руб.		796,5	1220,1

Капитальные вложения в оборудование для выполнения годового объема работ ( $K_{об}$ , руб. ) определяется по формуле (36):

$$K_{об} = \sum K_{обj} \cdot C_{пj} \cdot K_{зj}, \text{ руб} \quad (36)$$

где  $K_{обj}$  – балансовая стоимость j-ого оборудования, руб.;

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		55

$C_{пj}$  – принятое количество j-ого оборудования, шт.;

$K_{зj}$  – коэффициент загрузки j-ого оборудования,  $K_{зj} = 1$ .

Балансовая стоимость оборудования ( $K_{обj}$ ) определяется по формуле(37):

$$K_{обj} = C_{обj} \cdot (1 + K_{тз}), \text{ руб.} \quad (37)$$

где  $C_{обj}$  – цена приобретения единицы j-ого оборудования, руб.;

$K_{тз}$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, затраты устройство фундамента, монтаж, наладку ( $K_{тз} = 0,12$ ).

$$K_{обj} = 3982500 \cdot (1 + 0,12) = 4460400 \text{ руб.} \quad (\text{базовый вариант})$$

$$K_{обj} = 6100300 \cdot (1 + 0,12) = 6832336 \text{ руб.} \quad (\text{проектируемый вариант})$$

$$K_{об} = 4460400 \cdot 1 \cdot 1 = 4460400 \text{ руб.} \quad (\text{базовый вариант})$$

$$K_{об} = 6832336 \cdot 1 \cdot 1 = 6832336 \text{ руб.} \quad (\text{проектируемый вариант})$$

Рассчитанные данные заносим в таблицу 21

Таблица 21 – Расчёты капитальных вложений по вариантам

Статьи расчетов	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Цена комплекта оборудования, руб.	3982500	6100300
Балансовая стоимость оборудования (стоимость приобретения с расходами на монтаж и пуско-наладочные работы), руб.	4460400	6832336
Количество единиц оборудования	6	8
Капитальные вложения, $K_{об}$	4460400	6832300



## 2.4 Расчет технологической себестоимости металлоконструкций

Таблица 22 – Данные для расчета технологической себестоимости изготовления годового выпуска изделий

Показатели	Единицы измерения	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Сталь 09Г2С, Цк	руб./т	31600	31600
Тариф на электро-энергию, Цэлм	руб./кВт-час	3,16	3,16
Защитный газ смесь К18, Цз.г	руб./л	0,13	0,13
Расход защитного газа	л/мин	26	26
Длина сварного шва	м	15,25	15,25
Квалификационный разряд электро-сварщика	разряд	4	5
Тарифная ставка, Тст	руб.		
Сварщики		144	168
Вспомогательные рабочие		130	130
Масса конструкции	кг	282	282

В общем случае технологическая себестоимость ( $C_T$ ) складывается из суммы затрат в основном производстве, обусловленных расходом ресурсов в процессе проведения технологических операций, определяется по формуле (38):

$$C_T = MЗ + З_э + З_{пр}, \quad (38)$$

где  $MЗ$  - затраты на все виды материалов, основных, комплектующих и полуфабрикатов;

$З_э$  - затраты на технологическую электроэнергию (топливо);

$З_{пр}$  - затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос - 30% от фонда оплаты труда).

*Расчет материальных затрат.* К материальным затратам относятся затраты на сырье, материалы, энергоресурсы на технологические цели.

Материальные затраты (МЗ, руб.) рассчитываются по формуле (39):

$$МЗ = C_{o.m} + C_{эH} + C_{др.}, \quad (39)$$

где  $C_{o.m}$  - стоимость основных материалов в расчете на одно металлоизделие, руб.;

$C_{эH}$  - стоимость электроэнергии при выполнении технологической операции сварки металлоизделия, руб.

$C_{др.}$  - стоимость прочих компонентов в расчете на одно металлоизделие.

К основным - относятся материалы, из которых изготавливаются конструкции, а при процессах сварки также учитываются и сварочные материалы: электроды, сварочная проволока, присадочный материал (защитный газ, сварочный флюс).

*Стоимость основных материалов* ( $C_{o.m}$ , руб.) в расчете на одно металлоизделие с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитывается по формуле (40):

$$C_{o.m} = [C_{к.м} + C_{св.пр.} + (C_{зг} + C_{св.фл.})] \cdot K_{тр}, \quad (40)$$

где  $K_{тр}$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

Стоимость конструкционного материала ( $C_{к.м}$ )

Затраты на конструкционный материал, которым является сталь 09Г2С, определяется (41):

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						58
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$C_{к.м} = m_{к} * Ц_{к.м}, \text{ руб} \quad (41)$$

где  $m_{к}$  – масса конструкции,  $m_{к}= 0,282$  т;

$Ц_{к.м}$  - стоимость одной тонны конструкционного материала,  $Ц_{к.м}=31600$  руб.

$$C_{к.м} = 0,282 \cdot 31600 = 8910 \text{ руб.}$$

Стоимость конструкционного материала составляет 8910 руб. как для базового, так и проектируемого вариантов.

*Расчет затрат на электродную проволоку  $C_{св.пр}$  производим по формуле (42):*

$$C_{св.пр} = M_{нм} \cdot \psi \cdot Ц_{с.п.} \cdot K_{тр}, \text{ руб.} \quad (42)$$

где  $M_{нм}$  – масса наплавленного металла, кг;

$\psi$  - коэффициент разбрызгивания электродного металла (сварка в среде  $CO_2$  характеризуется разбрызгиванием электродного металла, для данного вида сварки  $\psi = 1,15-1,20$ , сварка в смеси К18  $\psi = 1,01-1,04$ );

$Ц_{с.п.}$  - оптовая цена 1 кг сварочной проволоки, руб.;  $Ц_{с.п.}=124,5$

$K_{тр}$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах  $1,05 \dots 1,08$

*Масса наплавленного металла  $M_{нм}$  рассчитывается по формуле (43):*

$$M_{нм} = V_{нм} \cdot \rho_{нм}, \quad (43)$$

где  $V_{нм}$  - объем наплавленного металла,  $см^3$ ;

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$\rho_{\text{нм}}$  - плотность наплавленного металла, г/см<sup>3</sup> ( $\rho_{\text{стали}} = 7,8 \text{ г/см}^3$ ).

Объем наплавленного металла  $V_{\text{нм}}$  рассчитывается по формуле (44):

$$V_{\text{нм}} = L_{\text{шв}} \cdot F_o, \quad (44)$$

где  $F_o$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла, см<sup>2</sup>;

$L_{\text{шв}}$  - длина сварного шва, см.

Исходные данные для расчетов:

$$L_{\text{шв}} = 15250 \text{ мм} = 1525 \text{ см}$$

$$F_o = 53,5 \text{ мм}^2 = 0,54 \text{ см}^2$$

$$V_{\text{нм}} = 1525 * 0,54 = 823,5 \text{ см}^3$$

$$M_{\text{нм}} = 823,5 * 7,8 = 6423,3 \text{ кг}$$

Расчёт затрат на электродную проволоку:

$$C_{\text{св.пр}} = 6423,3 * 1,01 * 124,5 * 1,05 = 848082 \text{ руб}$$

В базовом и проектируемом варианте  $C_{\text{св.пр}} = 848082 \text{ руб}$ , т.к. используется одинаковая смесь защитных газов К18.

Расчет затрат на защитный газ  $C_{\text{зг}}$  проводим по формуле (45):

$$C_{\text{зг}} = t_{\text{очн}} * q_{\text{зг}} * k_p * \Pi_{\text{зг}} * K_T, \text{ руб} \quad (45)$$

где  $t_{\text{очн}}$  – время сварки в расчете на одно металлоизделие, базовый вариант

$t_{\text{очн}} = 114,6 \text{ мин.}$ , проектируемый вариант  $t_{\text{очн}} = 61,2 \text{ мин.}$ ;

$q_{\text{зг}}$  – расход защитного газа, смесь К18 – 26 л/мин.;

$k_p$  – коэффициент расхода газа,  $k_p = 1,1$ ;

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$C_{зг}$  – цена газа за один  $\text{дм}^3$  газа в свободном состоянии, смесь K18 – 0,13 руб./ $\text{дм}^3$ ;

$K_{тр}$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

$$C_{зг} = 114,6 * 26 * 1,1 * 0,13 * 1,05 = 447,4 \text{ руб (базовый вариант)}$$

$$C_{зг} = 61,2 * 26 * 1,1 * 0,13 * 1,05 = 238,9 \text{ руб (проектируемый вариант)}$$

Стоимость основных материалов ( $C_{о.м}$ , руб.) в расчете на одно металлоизделие с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитывается по формуле:

$$C_{о.м} = (8910 + 848082 + 447,4) * 1,05 = 900311 \text{ руб.}$$

$$C_{о.м} = (8910 + 848082 + 238,9) * 1,05 = 900093 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию,  $Z_э$ , расходуемую на выполнение технологической операции сварки металлоизделия, рассчитываются по формуле (46):

$$Z_э = \alpha_э * W * C_э, \text{ руб.} \quad (46)$$

где  $\alpha_э$  – удельный расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, кВт·ч/кг;

$W$  – расход электроэнергии, кВт·ч;

$C_э$  – цена за 1 кВт/ч;  $C_э = 3,16 \text{ кВт/ч.}$

Для укрупнённых расчётов при автоматической сварке на постоянном токе, величину  $\alpha_э$  можно принимать равной 5...8 кВт·ч/кг ;

$$Z_э = 8 * 53,5 * 0,752 * 3,16 = 1017,1 \text{ руб} \quad (\text{базовый вариант})$$

$$Z_э = 5 * 53,5 * 0,752 * 3,16 = 635,7 \text{ руб} \quad (\text{проектируемый вариант})$$

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		61

Рассчитаем материальные расходы ( $MЗ$ ) на основные материалы на одно изделие (исключаем затраты на основной конструкционный материал):

$$MЗ=900311+1017,1+447,4=901776 \text{ руб} \quad (\text{базовый вариант})$$

$$MЗ=900093+635,7+238,9=900968 \text{ руб} \quad (\text{проектируемый вариант})$$

#### *Расчет численности производственных рабочих*

Определяем численность производственных рабочих (основных рабочих - сборщиков, сварщиков). Численность основных рабочих  $Ч_{ор}$ , а также сварщиков в их числе  $Ч_{св}$  определяется по формулам (46) и (47) соответственно:

$$Ч_{ор} = \frac{T_{\text{произв. пр.}}}{\Phi_{др} * n * K_B}, \quad (46)$$

$$Ч_{св} = \frac{T_{год}}{\Phi_{др} * n * K_B}, \quad (47)$$

где  $T_{\text{произв. пр}}$  - трудоемкость производственной программы, час.;

$\Phi_{др}$  - действительный фонд времени производственного рабочего ( $\Phi_{др} = 1870 \text{ час.}$ );

$K_B$  - коэффициент выполнения норм выработки (1,1... 1,3).

$$Ч_{ор} = \frac{305}{1870 * 1,1} = 0,15 \text{ примем } Ч_{ор} = 1 \text{ чел. (базовый вариант)}$$

$$Ч_{св} = \frac{191}{1870 * 1,1} = 0,09 \text{ примем } Ч_{св} = 1 \text{ чел.}$$

$$Ч_{ор} = \frac{195}{1870 * 1,1} = 0,09 \text{ примем } Ч_{ор} = 1 \text{ чел. (проектируемый вариант)}$$

Примем  $Ч_{ор} = 2 \text{ человек}$ ,  $Ч_{св} = 1 \text{ человек}$ .

#### *Расчет заработной платы производственных рабочих*

Расходы на оплату труда ( $З_{пр}$ ) рассчитываются по формулам (48) и (49):

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						62
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$З_{\text{пр}} = З_{\text{П}_0} + З_{\text{П}_д}, \quad (48)$$

где  $З_{\text{П}_0}$  – основная заработная плата, руб.;

$З_{\text{П}_д}$  – дополнительная заработная плата, руб.

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих ( $З_{\text{пр}}$ ) с отчислениями на социальное страхование определяется:

а) при применении сдельной оплаты труда

$$З_{\text{пр}} = Р_{\text{сд}} \cdot К_{\text{пр}} \cdot К_{\text{д}} \cdot К_{\text{сс}} + Д_{\text{вр}}, \quad (48)$$

где  $Р_{\text{сд}}$  – суммарная сдельная расценка за единицу изделия, руб.;

$К_{\text{пр}}$  – коэффициент премирования, (данные предприятия),  $К_{\text{пр}} = 1,5$ ;

$Д_{\text{вр}}$  – доплата за вредные условия труда, руб.;

$К_{\text{сс}}$  – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды (социальный взнос),  $К_{\text{сс}} = 1,3$ ;

$К_{\text{д}}$  – коэффициент, определяющий размер дополнительной заработной платы,  $К_{\text{д}} = 1,2$ .

Суммарная сдельная расценка на изготовление единицы изделия ( $Р_{\text{сд}}$ ) определяется по формуле (50):

$$Р_{\text{сд}} = \frac{T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{шт.к.}}}{60}, \quad (50)$$

где  $T_{\text{ст}}$  – тарифная ставка, руб./час. Для сварщиков в базовом варианте - 144 руб./час., в проектируемом - 168 руб./час.; для вспомогательных рабочих - 130 руб./час.;

$T_{\text{шт-к}}$  – штучно-калькуляционное время выполнения сварочных работ в расчете на одно металлоизделие, мин.

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		63

$$P_{сд} = \frac{144 \cdot 183}{60} = 439 \text{ руб (базовый вариант)}$$

$$P_{сд} = \frac{168 \cdot 117}{60} = 327 \text{ руб (проектируемый вариант)}$$

Доплата за вредные условия труда (только для сварщиков) рассчитывается по формуле (51):

$$D_{вр} = T_{ст} \cdot T_{вр}, \quad (51)$$

где  $T_{ст}$  – тарифная ставка сварщиков, для базового варианта  $T_{ст} = 144$  руб/час.; для проектируемого  $T_{ст} = 168$  руб/час.;

$T_{вр}$  – время работы во вредных условиях труда,

$T_{вр} = T_{шт-к}$  (0,05 ... 0,51), мин.; для полуавтоматической и роботизированной сварки коэффициент принимаем соответственно 0,51 и 0,05.

Выполним расчет расходов на оплату труда рабочих  $Z_{пр}$  (с учетом доплат за вредность для сварщиков) приходящихся на одно изделие:

$$D_{вр} = 144 \cdot 3,05 \cdot 0,51 = 223,9 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$Z_{пр} = 439 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 + 223,9 = 1251 \text{ руб.}$$

$$D_{вр} = 168 \cdot 1,95 \cdot 0,05 = 16,4 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

$$Z_{пр} = 327 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 + 16,4 = 782 \text{ руб.}$$

Выполним расчет расходов на оплату труда рабочих  $Z_{пр}$  на годовую программу:

$$Z_{год} = N \cdot Z_{пр}$$

$$Z_{год} = 100 \cdot 1251 = 125100 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$Z_{год} = 100 \cdot 782 = 78200 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Технологическая себестоимость:

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						64
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		



$$C_T = 901776 + 1017,1 + 1251 = 904044 \text{ руб (базовый вариант)}$$

$$C_T = 900968 + 635,7 + 782 = 902386 \text{ руб (проектируемый вариант)}$$

Приведем расчетные данные технологической себестоимости изготовления годового объема выпуска металлоконструкций ( $N = 100$  шт.) в таблицу 21.

Таблица 23 – Данные для расчета технологической себестоимости изготовления одного металлоизделия

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
Затраты на основные материалы, $C_{o.m}$ , руб.	900311	900093
Затраты на технологическую электроэнергию (топливо), $C_{эн}$ , руб.	1017,1	635,7
Стоимость прочих компонентов в расчете на одно металлоизделие, $C_{др}$ , руб.	447,4	238,9
Затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос), $З_{пр}$ , руб.	1251	782
Технологическая себестоимость, $C_T$ , руб./металлоизделие	904044	902386

## 2.5 Расчёт производственной себестоимости изготовления изделия

Производственная себестоимость ( $C_{ПР}$ , руб.) включает затраты на производство продукции, обслуживание и управление производством, расчет  $C_{ПР}$  проводят по формуле (52):

$$C_{ПР} = C_T + P_{пр} + P_{хоз} \quad (52)$$

где  $C_T$  – технологическая себестоимость, руб.;

$P_{пр}$  – общепроизводственные (цеховые) расходы, руб.;

$P_{хоз}$  – общехозяйственные расходы, руб.

В статью «Общепроизводственные расходы» ( $P_{пр}$ , руб.) включаются расходы на:

- оплату труда управленческого и обслуживающего персонала цехов, вспомогательных рабочих;
- амортизацию оборудования;
- ремонт основных средств;
- охрану труда работников;
- содержание и эксплуатацию оборудования, сигнализацию, отопление, освещение, водоснабжение цехов и др. Рассчитываются по формуле (53):

$$P_{пр} = C_A + C_p + P_{пр}^* \quad (53)$$

где  $C_A$  – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

$C_p$  - на ремонт и техническое обслуживание оборудования, руб.;

$P_{пр}^*$  - расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение).

Затраты на амортизацию оборудования, приходящиеся на одно изделие ( $C_A$ ), при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии рассчитаем по формуле (54):

$$C_A = \frac{K_{об} * H_A * n_0 * T_{шт-к}}{100 * \Phi_d * K_B} * K_0, \text{ руб.} \quad (54)$$

где  $K_{об}$  – балансовая стоимость единицы оборудования, руб.;

$H_A$  – норма годовых амортизационных отчислений, %; для механизированной сварки  $H_A = 14,7 \%$ ;

$\Phi_d$  – действительный эффективный годовой фонд времени работы оборудования, час.  $\Phi_d = 1914$  час.;

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						66
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$T_{шт-к}$  – время на выполнение сварочной операции на годовую программу производства, час.;

$K_O$  – коэффициент загрузки оборудования,  $K_O = 0,9$ ;

$n_o$  – количество оборудования, шт.;

$K_B$  – коэффициент, учитывающий выполнение норм времени,  $K_B = 1,1$ .

Базовый вариант:

$$C_A = \frac{4460400 * 14,7 * 6 * 3,05}{100 * 1914 * 1,1} * 0,9 = 5129 \text{ руб.}$$

Проектируемый вариант:

$$C_A = \frac{6832336 * 14,7 * 8 * 1,95}{100 * 1914 * 1,1} * 0,9 = 6698 \text{ руб.}$$

Другие затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования,  $C_p$ , руб. рассчитываются по формуле (55):

$$C_p = \frac{K_{об} * Д}{100}, \text{ руб.} \quad (55)$$

где  $K_{об}$  – капитальные вложения в оборудование и техоснастку, руб.;

Значение  $Д$  принимается равным 3 %.

$$C_p = \frac{4460400 * 3}{100} = 133812 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_p = \frac{6832300 * 3}{100} = 204969 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение), прочие цеховые расходы принимаются в процентах от заработной платы производственных рабочих определяются по формуле (56):

$$P_{\text{пр}}^* = \frac{\%P_{\text{пр}} * ЗП_0}{100}, \text{руб} \quad (56)$$

где  $ЗП_0$  – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$\%P_{\text{пр}}$  – процент общепроизводственных расходов на содержание производственных помещений и прочих цеховых расходов, %.  $P_{\text{пр}} = 10$ .

$$P_{\text{пр}}^* = \frac{10 * 1027}{100} = 102,7 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$P_{\text{пр}}^* = \frac{10 * 766}{100} = 76,6 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Расчет общехозяйственных расходов. В статью «Общехозяйственные расходы» ( $P_{\text{хоз}}$ , руб.) включаются: расходы на оплату труда, связанные с управлением предприятия в целом, командировочные; канцелярские, почтово-телеграфные и телефонные расходы; амортизация зданий и сооружений общезаводского назначения; расходы на содержание зданий и сооружений общезаводского назначения (ремонт и расходы по эксплуатации, отопление, освещение, водоснабжение заводоуправления, прочие расходы по содержанию и охране, содержание легкового автотранспорта, обязательное страхование работников от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний и т.д.).

Эти расходы рассчитываются в процентах от основной заработной платы производственных рабочих по формуле (57):

$$P_{\text{хоз}} = \frac{\%P_{\text{хоз}} * ЗП_0}{100}, \text{руб.} \quad (57)$$

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		68

где ЗП – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

%Р<sub>хоз</sub> – процент общехозяйственных расходов, %. %Р<sub>хоз</sub> = 25.

$$P_{\text{хоз}} = \frac{25 * 1027}{100} = 257 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$P_{\text{хоз}} = \frac{25 * 766}{100} = 192 \text{ (проектируемый вариант)}$$

Выполним расчет общепроизводственных расходов

По базовому варианту:

$$P_{\text{пр}} = 5129 + 133812 + 102,7 = 139044 \text{ руб.}$$

По проектируемому варианту:

$$P_{\text{пр}} = 6698 + 204969 + 76,6 = 211743 \text{ руб.}$$

Выполним расчет производственной себестоимости

По базовому варианту:

$$C_{\text{пр}} = 904044 + 139044 + 257 = 1043345 \text{ руб.}$$

По проектируемому варианту

$$C_{\text{пр}} = 902386 + 211743 + 192 = 1114321 \text{ руб.}$$

## 2.6 Расчет полной себестоимости

Расчет полной себестоимости изготовления металлоконструкций, Сп  
производим по формуле (58):

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						69
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$C_{\Pi} = C_{\Pi\text{р}} + P_{\text{к}}, \text{руб} \quad (58)$$

где  $P_{\text{к}}$  – коммерческие расходы, руб.

Расчет коммерческих расходов. В статью «Коммерческие расходы» ( $P_{\text{к}}$ , руб.) включаются расходы на производство или приобретение тары, упаковки, погрузку продукции и доставку её к станции, рекламу, участие в выставках. Эти расходы рассчитываются по формуле (59):

$$P_{\text{к}} = \frac{\%P_{\text{к}} * C_{\text{пр}}}{100}, \text{руб} \quad (59)$$

где  $\%P_{\text{к}}$  – процент коммерческих расходов от производственной себестоимости,  $\%P_{\text{к}}$  - 0,1-0,5%.

$$P_{\text{к}} = \frac{0,1 * 1043345}{100} = 1043 \text{ руб (базовый вариант)}$$

$$P_{\text{к}} = \frac{0,1 * 1114321}{100} = 1114 \text{ руб (проектируемый вариант)}$$

$$C_{\Pi} = 1043345 + 1043 = 1044388 \text{ руб (базовый вариант)}$$

$$C_{\Pi} = 1114321 + 1114 = 1115435 \text{ (проектируемый вариант)}$$

Результаты расчетов себестоимости изготовления металлоизделий сводятся в таблицу 22

Таблица 24 – Калькуляция полной себестоимости годового выпуска изготавливаемых металлоконструкций по сравниваемым вариантам

Наименование статей калькуляции	Значение, руб.		Отклонения, руб.
	Базовый вариант	Проектируемый вариант	
Объем годового выпуска продукции, N, шт.	100	100	
1. Материальные затраты, МЗ:	901776	900968	-808

2. Заработная плата производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды, $Z_{\text{пр}}$	125100	78200	-46900
3. Технологическая себестоимость $C_{\text{т}}$ , руб.	904044	902386	-1658
4. Общепроизводственные расходы, $P_{\text{пп}}$	139044	211743	72699
5. Общехозяйственные расходы, $P_{\text{хоз}}$	25700	19200	-6500
6. Производственная себестоимость, $C_{\text{пр}}$	1043345	1114321	70976
7. Коммерческие расходы, $P_{\text{к}}$	1043	1114	71
8. Полная себестоимость, $C_{\text{п}}$	1044388	1115435	71047

## 2.7 Расчет основных показателей сравнительной эффективности

В нашем случае, при проектировании конструкторско-технологических усовершенствований, обеспечивающих выполнение сварочных работ для металлоконструкций, используемых для нужд собственного производства, расчеты экономической эффективности сводятся к определению по базовому и проектируемому вариантам следующих показателей:

- годовая экономия по технологической себестоимости,  $\Delta C_{\text{т}}$ , в том числе по прямым статьям затрат, обеспечившим экономию ресурсов, в совокупности составившей не менее 50% от общей величины экономии по технологической себестоимости;
- годовой экономический эффект,  $\mathcal{E}_{\text{г}}$ ;
- срок окупаемости дополнительных капитальных вложений,  $T_{\text{ок}}$ .

Годовая экономия по технологической себестоимости  $\Delta C_{\text{т}}$  определяется по формуле (60):

$$\Delta C_{\text{т}} = C_{\text{т}2} - C_{\text{т}1}, \text{ руб} \quad (60)$$

где  $C_{\text{т}2}$  – технологическая себестоимость изделия в проектируемом варианте, руб./металлоизделие;

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						71
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$C_{т1}$  – технологическая себестоимость изделия в базовом варианте, руб./металлоизделие;

$$\Delta C_t = 902386 - 904044 = -1658 \text{ руб}$$

Расчет прибыли от реализации годового объема металлоизделий по базовому и проектируемому вариантам, П, руб.

Годовая величина прибыли П, руб. от реализации годового объема металлоизделий определяется разницей между выручкой от реализации продукции (В, руб.) и полной себестоимостью,  $C_{п}$ , руб.

$$П = В - C_t, \quad (61)$$

Выручка от реализации продукции В, руб., определяется с учетом технологической себестоимости металлоизделия  $C_t$  (руб./шт.) и среднеотраслевого коэффициента рентабельности продукции,  $K_p$ , определяющего среднеотраслевую норму доходности продукции и учитывающего изменение качества металлоизделия (надежность, долговечность) в эксплуатации ( $K_p$  в базовом варианте принимается - 1,3; в проектируемом - 1,6)

$$В = C_t * K_p, \quad (63)$$

где  $C_t$  - технологическая себестоимость металлоизделия, руб./шт.;

$K_p$  - среднеотраслевой коэффициент рентабельности продукции;

$$В = 904044 * 1,3 = 1173102 \text{ руб (базовый вариант)}$$

$$В = 902386 * 1,6 = 1446470 \text{ руб (проектируемый вариант)}$$

Годовая величина прибыли:

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		72



$\Pi = 1173102 - 904044 = 269058$  руб (базовый вариант)

$\Pi = 1446470 - 902386 = 544084$  руб (проектируемый вариант)

*Изменение (прирост, уменьшение) прибыли  $\Delta\Pi$  в проектируемом варианте в сопоставлении с базовым рассчитывается по формуле:*

$$\Delta\Pi = \Pi_2 - \Pi_1, \quad (64)$$

$$\Delta\Pi = 544084 - 269058 = 275026 \text{ руб}$$

*Расчет годового экономического эффекта,  $\mathcal{E}_g$  производим по формуле (64):*

$$\mathcal{E}_g = \Delta\text{Ст} + K_n * K_{\text{доп}}, \text{ руб} \quad (64)$$

где  $K_n$  - нормативный к-т эффективности, 0,17 - 0,2;

$K_{\text{доп}}$  - дополнительные капитальные вложения в проектируемый вариант ( $K_{\text{доп}} = K_{\text{об2}} - K_{\text{об1}}$ )

$$\mathcal{E}_g = -1658 + 0,17 * (6832300 - 4460400) = 401565 \text{ руб.}$$

Расчет срока окупаемости капитальных вложений  $K$ ,  $T_{\text{ок}}$ :

$$T_o = \frac{\Delta K_o}{\Delta\Pi}, \quad (62)$$

где  $\Delta K_d$  – дополнительные капитальные вложения, руб.;

$\Delta\Pi$  - изменение (прирост, уменьшение) прибыли в проектируемом варианте в сопоставлении с базовым, руб.

$$T_{\text{ок}} = \frac{(6832300 - 4460400)}{275026} = 8,1 \text{ лет}$$

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

После проведения экономических расчетов сгруппируем результирующие показатели экономической эффективности в таблицу 25:

Таблица 25 - Результирующие показатели экономической эффективности

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Значение показателей		Изменение показателей (+,-)
			Базовый вариант	Проектный вариант	
1	Годовой выпуск продукции, N	(физич. ед.)	100	100	0
2	Капитальные вложения ( $K_{об}$ )	тыс. руб.	4460400	6832300	2371900
3	Технологическая себестоимость годового объема выпуска металлоизделий, $C_T$	тыс. руб.	904044	902386	-1658
4	Полная себестоимость годового объема выпуска металлоизделий, $C_p$	тыс. руб.	1044388	1115435	71047
5	Численность производственных рабочих, $Ч_{ор}$	чел.	2	1	-1
6	Годовой экономический эффект, $\mathcal{E}_г$	руб.		401565	401565
7	Прибыль от реализации годового объема выпуска	руб.	269058	544084	275026
8	Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений ( $T_{ок}$ )	год	8,1		

Вывод: Предложенный в проекте технологический способ сварки металлоизделия эффективен, прежде всего, в сфере эксплуатации за счет повышения долговечности сварных соединений конструкции металлоизделия с помощью применения современных технологичных устройств для автоматической сварки, заменяя ручную работу и человеческий фактор.

В сфере производства изделия экономия по себестоимости обеспечена за счет сокращения доли общепроизводственных и общехозяйственных расходов в удельной себестоимости изделия, поскольку эти затраты, оставаясь неизменными в целом по предприятию, списываются на себестоимость изделий пропорционально заработной плате производственных рабочих, численность которых в проектируемом варианте сократилась на 1 человека.

### 3 Методическая часть

В технологической части разработанного дипломного проекта разработана технология сборки и сварки корпуса форкамеры локомотива. В процессе разработки в целях экономии затрат на изготовление изделия предлагается осуществить подготовку сварщика полуавтоматической сварки для работы с автоматизированной установкой для сварки, который сможет осуществлять эксплуатацию, наладку, обслуживание и ремонт необходимого оборудования.

К сварочным работам по проектируемой технологии допускаются рабочие по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» уровень квалификации 3. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда), в связи с этим целесообразно разработать программу переподготовки рабочих сварочной специализации и провести данную программу в рамках промышленного предприятия.

Для разработки программы переподготовки необходимо изучить и проанализировать такие нормативные документы как Профессиональные стандарты. Профессиональный стандарт является новой формой определения квалификации работника по сравнению с единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих и единым квалификационным справочником должностей руководителей, специалистов и служащих.

Профессиональные стандарты применяются:

- работодателями при формировании кадровой политики и в управлении персоналом, при организации обучения и аттестации работников, разработке должностных инструкций, тарификации работ, присвоении тарифных разрядов работникам и установлении систем оплаты труда с учетом особенностей организации производства, труда и управления;

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		75

- образовательными организациями профессионального образования при разработке профессиональных образовательных программ;
- при разработке в установленном порядке федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования.

### 3.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов

В данном случае рассмотрим следующие профессиональные стандарты:

1. Профессиональный стандарт «Сварщик» (код 40.002, рег. № 14, приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России 13.02.2014г., рег. № 31301)

2. Профессиональный стандарт «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» (код 40.109, рег. № 664, Приказ Минтруда России № 916н от 01.12.2015 г., зарегистрирован Минюстом России 31.12.2015 г., рег. № 40426).

На первом этапе рассмотрим функциональную карту видов трудовой деятельности по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда), так как в базовой технологии сварочные работы осуществляются с применением полуавтоматической сварки в среде защитных газов.

В таблице 21 приведены выписки из Профессиональных стандартов, характеризующие трудовые функции рабочих профессий: «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда) и «Оператор автоматической сварки плавлением».

Таблица 26 – Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда) и «Оператор автоматической сварки плавлением»

Характеристики	Сварщик частично механизированной сварки плавлением	Оператор автоматической сварки плавлением
Трудовая функция	Частично механизированная сварка (наплавка) плавлением сложных и ответственных конструкций (оборудование, изделия, узлы, трубопроводов, детали) из различных материалов (стали, чугуны, цветные металлы и сплавы), которые предназначены для работы под давлением, под статическими, динамическими и вибрационными нагрузками.	Полностью механизированная и автоматическая сварка плавлением металлических материалов.
Трудовые действия	<p>Проверка оснащенности, работоспособности, исправности и осуществление настройки оборудования поста для полуавтоматической сварки (наплавки) в среде защитных газов, с учетом его специализированных функций (возможностей).</p> <p>Выполнение частично механизированной сварки (наплавки) плавлением корпуса форкамеры локомотива.</p>	<p>Изучение производственного задания, конструкторской и производственно-технологической документации.</p> <p>Подготовка рабочего места и средств индивидуальной защиты.</p> <p>Проверяет работоспособность и исправность сварочного оборудования для автоматической сварки форкамер локомотивов.</p>
Необходимые умения:	Подготавливать и проверять сварочные материалы для полуавтоматической сварки (наплавки) в среде защитных газов, настраивать сварочное оборудование. Выполнять предварительный, сопутствующий (межслойный) подогрева металла. Выполнять сборку и подготовку элементов конструкции под сварку корпуса форкамеры локомотива.	<p>Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку.</p> <p>Применять сборочные приспособления для сборки и сварки форкамеры..</p>
Необходимые знания	Функций (возможностей) сварочного оборудования для частично механизированной сварки	Основных видов, конструктивных элементов и размеров сварных соединений, выполняемых полностью механизиро-

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.125 ПЗ

Лист

77

	<p>(наплавки) плавлением.</p> <p>Способы контроля сварных соединений на соответствие геометрическим размерам, требуемым конструкторской и производственно-технологической документации по сварке, проверки сварных швов на наличие дефектов.</p>	<p>ванной и автоматической сваркой плавлением и обозначение их на чертежах.</p> <p>Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов.</p> <p>Виды сварочных автоматов для сварки в среде защитных газов.</p>
Другие характеристики:	Область распространения частично механизированной сварки (наплавки) плавлением в соответствии с данной трудовой функцией: полуавтоматическая сварка корпуса форкамеры локомотива.	Область распространения в соответствии с данной трудовой функцией: автоматическая сварка в среде защитных газов
Характеристики выполняемых работ:	<p>Прихватка элементов изделия частично механизированной сваркой плавлением в любых пространственных положениях сварного шва;</p> <p>частично механизированная сварка (наплавка) плавлением любых конструкций, где требуется особое внимание сварщика и где не подлезет установка для автоматической сварки.</p>	Автоматическая сварка швов, основных, ответственных элементов конструкции корпуса форкамеры для локомотива, хребтовых балок вагонов.

Вывод: результатом сравнения функциональных карт рабочих по профессиям «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда) и «Оператор автоматической сварки плавлением» является следующее:

Необходимые знания:

- Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением и обозначение их на чертежах.

- Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов.

- Сварочные автоматы для сварки в среде защитных газов

Необходимые умения:

- Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой давлением, и обозначение их на чертежах

- Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов

- Виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под полностью механизированную и автоматическую сварку давлением. Основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой давлением.

- Сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением

- Требования к подготовке конструкции под сварку

- Технология полностью механизированной и автоматической сварки плавлением

- Требования к качеству сварных соединений; виды и методы контроля. Виды дефектов сварных соединений, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения

- Правила технической эксплуатации электроустановок. Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ. Правила

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						79
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

эксплуатации газовых баллонов. Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте.

- Владеть техникой полностью механизированной и автоматической сварки.
- Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования.

На основании выявленного сравнения, можно разработать содержание краткосрочной подготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» и провести данную работу в рамках промышленного предприятия без отрыва от производства.

### 3.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»

В соответствии с рекомендациями Института развития профессионального образования учебная программа по переподготовке работников дает название и последовательность предметов, распределение времени на теоретическую и практическую подготовку, консультации и квалификационный экзамен. Теоретическая часть переподготовки работников обеспечивает экономические, отраслевые и специализированные курсы. Соотношение времени обучения теоретической и практической переподготовок определяется в зависимости от характера и сложности освоенной профессии, сроков и особенностей профессиональной подготовки работников. Количество часов для консультаций определяется на местах, в зависимости от потребности в этой работе. Время для квалификационного экзамена предоставляется для устного экзамена и распределяется в размере до 15 минут на каждого учащегося. В результате практического обучения выделяется время на квалификационную пробную работу.

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		



На основе сравнительного анализа квалификационных характеристик и рекомендаций Института профессионального образования разработан учебный план переподготовки работников по специальности «Оператор автоматической сварки плавлением», который представлен в таблице 22 Продолжительность обучения 1 месяц.

Таблица 27 - Учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» 4-го квалификационного разряда

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ		
1.1	Основы экономики отрасли	2
1.2	Материаловедение	2
1.3	Основы электротехники	2
1.4	Чтение чертежей	6
1.5	Спецтехнология	42
2. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ		
2.1	Упражнения по автоматической сварке и наплавке несложных деталей на учебно-производственном участке	30
2.2	Работа на предприятии	76
	Консультации	2
	Квалификационный экзамен	8
	ИТОГО	170

Реализация разработанного учебного плана осуществляется отделом технического обучения предприятия.

### 3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»

Основной задачей теоретического обучения является формирование знаний обучаемых об основах современных технологий и технологий производства, организации труда в объеме, необходимом для качественного владения профессией и дальнейшем повышении профессиональных навыков работников, формировании ответственного отношения к работе и активной жизненной позиции. Программа предмета «Специальная технология» разра-

ботана на основе квалификационных характеристик, учебной программы переподготовки и с учетом требований работодателей.

Таблица 28 – Тематический план предмета «Спецтехнология»

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1	Введение в предмет «Спецтехнология»	1
2	Виды оборудования для автоматической сварки в среде защитных газов	4
2.1	Устройство и основные узлы роботизированного сварочного автомата	10
3	Дополнительное оборудование	2
3.1	Сварочные материалы	2
4	Технология автоматической сварки в среде защитных газов	16
4.1	Сварные конструкции	2
5	Механизация и автоматизация сварочного производства	4
6	Техника безопасности при работе на автоматических сварочных установках	1
	Итого:	42

В данной программе предусматривается изучение видов оборудования для автоматической сварки в среде защитных, устройства работы и эксплуатации этого оборудования, технологий использования данного вида сварки, способы механизации и автоматизации сварочного производства, а так же техника безопасности при работе с данным видом сварки.

### 3.4 Разработка плана - конспекта урока

В рамках теоретического обучения по предмету «Спецтехнология» разработана методика проведения урока.

Тема урока «Устройство и принцип работы сварочной подвесной головки ГПГ - 500»

Цели занятия:

Обучающая: Формирование знаний об устройстве и основных узлах сварочной подвесной головки ГПГ - 500, их назначении, технических характеристик.

Развивающая: развивать техническое и логическое мышление, память, усидчивость, внимание.

Воспитательная: воспитывать дисциплину на занятии, ответственность и бережное отношение к оборудованию учебного кабинета.

Тип урока: урок новых знаний.


Методы обучения: словесный, наглядный, объяснительно иллюстративный методы.

Дидактическое обеспечение занятия:

- Плакаты с изображением подвесной сварочной головки «ГПГ – 500», поворотной сварочной колонны AL POWER MINI BF
- Листы с изображением подвесной сварочной головки «ГПГ – 500» формат А4, 15 шт.
- Листы с изображением сварочной колонны AL POWER MINI BF формат А4, 15 шт.

Таблица 29 – План-конспект урока

Планы занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент 5 минут	Здравствуйте, прошу вас садиться, приготовьте тетради и авторучки.	Приветствую обучающихся, проверяю явку и готовность к занятию.
Подготовка обучающихся к изучению нового материала 5 минут	Тема раздела сегодняшнего занятия «Оборудование для автоматической сварки в среде защитных газов» Тема занятия: «Устройство и основные узлы подвесной сварочной головки ГПГ – 500, принцип её работы». Цель нашего занятия: «Получение необходимых знаний об устройстве и основных узлах данной головки, других составляющих установки для автоматической сварки в среде	Сообщаю тему раздела и занятия, объясняю значимость изучения темы. Озвучиваю цель урока.

	защитных газов, её назначение и принцип работы».	
Мотивация 5 минут	Как вы понимаете, мы будем не только изучать как работать с подвесной головкой, но и непосредственно работать с ней на практических занятиях. От того на сколько эффективно вы этому научитесь, будет напрямую зависеть качество изготавливаемого вами изделия, а соответственно его стоимость и ваша заработная плата. Если раньше, понадобилось бы два рабочих, то сейчас изготовить одну деталь вы сможете сами, и ваша работа будет оплачиваться соответственно.	Мотивирую обучаемых к работе на занятиях.
Актуализация опорных знаний 10 минут	Чтобы нам приступить к изучению нового материала, для начала давайте вспомним пройденный, ответим на несколько вопросов: 1. В чём отличие между полуавтоматической и автоматической сваркой? 2. Какие способы сварки включает в себя автоматическая сварка? 3. Насколько целесообразнее использовать автоматическую сварку, учитывая стоимость оборудования?	Предлагаю ответить на вопросы по желанию, если желающих нет, спрашиваю выборочно.
Изложение нового материала 30 минут	<p>Хорошо, повторили предыдущую тему, а теперь приступим к изучению нового материала.</p> <p>Разберем с Вами одну из разновидностей сварочного автомата.</p> <p>Подвесная сварочная головка ГПГ – 500 предназначена для дуговой автоматической сварки и наплавки плавящимся электродом в среде защитных газов, открытой дугой или под флюсом.</p> <p>Собранная установка для автоматической сварки в среде защитных газов, готовая к работе, включает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Подвесная сварочная головка ГПГ – 500</li> <li>• Поворотная сварочная колонна AL POWER MINI BF</li> <li>• Выпрямитель сварочный универсальный ВДУ – 506</li> </ul>  <p>Плакат 1 - Подвесная сварочная головка ГПГ – 500</p>	<p>Прошу учащихся записать основные элементы установки для автоматической сварки в среде защитных газов</p> <p>Выдаю учащимся листы с изображением подвесной сварочной головки ГПГ – 500</p>

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.125 ПЗ

Лист

84

Составные элементы головки:

- механизм вертикального перемещения;
- механизм перемещения по горизонтальной направляющей (АБС);
- механизм подачи проволоки;
- сварочная горелка машинного типа;
- механизм смещения мундштука относительно точки зенита;
- механизм слежения за длиной дуги;
- координатное приспособление для подачи проволоки в зону дуги;
- катушка для сварочной проволоки;
- источник питания сварочной дуги;
- пульт управления.

В зависимости от конкретной технологической задачи головки могут дополнительно оснащаться: механизмом поперечных колебаний, системой телевизионного слежения по стыку, системой автоматического слежения по стыку, газовым двухкомпонентным смесителем, оснасткой для подачи порошковой проволоки.

Основная задача сварочной головки в том, чтобы обеспечивать при сварке стабильное поддержание заданных режимом параметров (тока, напряжения); перемещение дуги вдоль свариваемых кромок с заданной скоростью; заварку кратера при прекращении процесса сварки. Это и является её принципом работы, при ручной сварке все эти операции выполняются рабочим-сварщиком, при полуавтоматической сварке дугу вдоль шва передвигает сварщик, при автоматической сварке все операции выполняет автомат.

Сварочная головка осуществляет подачу электродной проволоки в зону горения дуги, подводит сварочный электроток, поддерживает устойчивость дугового горения, автоматически подаёт защитный газ и своевременно прекращает процесс сварки.

Отличие сварочной головки ГПГ-500 от других в том, что она подвесная, её можно закрепить неподвижно и перемещение будет осуществляться при помощи механизма передвижения консоли, на которой головка закреплена.

Технические характеристики

Модель	ГПГ - 500
Диаметр электродной проволоки	0,8 - 2
Среда	защитный газ
Напряжение питающей сети, В	380
Сварочный ток, А	500
Масса, кг	45

Рассказываю и показываю на плакате из каких элементов состоит сварочная головка ГПГ-500

Прошу попутно записывать необходимый материал в тетради, указываю какой.

Рассказываю и прошу записать технические характеристики головки

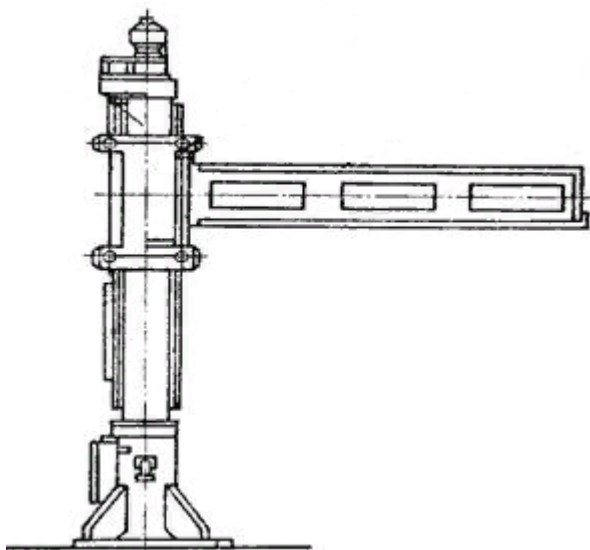
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.125 ПЗ

Лист

85

Так же нам необходимо рассмотреть другие составляющие установки для автоматической сварки, это поворотная сварочная колонна AL POWER MINI BF и источник питания выпрямитель сварочный универсальный ВДУ – 506.



Листовка 2 – Колонна сварочная поворотная ПК-2

Колонна состоит из основания, стойки, консоли, каретки и привода подъема и опускания консоли. Вертикальное перемещение каретки с консолью осуществляется от электродвигателя, через двухступенчатую зубчатую передачу. Каретка перемещается по вертикальным направляющим стойки на четырех роликах. Стойку с консолью поворачивают вокруг основания вручную и фиксируют фрикционным зажимом.

Источник питания:

Выпрямитель сварочный универсальный ВДУ – 506. Предназначен для комплектации сварочных автоматов и полуавтоматов однопостовой механизированной сварки в среде углекислого газа и под флюсом, а также для сварки порошковой проволокой.

Пульт управления:

Обеспечивает полный контроль за качеством и производительностью сварки. С помощью пульта выполняются все работы по управлению сварочным процессом.

Раздаю листы с изображенной на них поворотной колонны ПК-2, прошу сообщать, если они не видят указанных на ней частей.

Прошу не забывать записывать основной материал

Первичное закрепление материала 10 минут

Прошу ответить у доски одного обучаемого:

- рассказать из каких элементов состоит сварочная установка для автоматической сварки в среде защитных газов
- рассказать и показать составные элементы головки

Вызываю к доске обучаемого, кто на мой взгляд меньше вникал в сегодняшний материал, если он плохо

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• рассказать принцип работы подвесной сварочной головки</li> </ul>	справляется, прошу выйти другого
Выдача домашнего задания 5 минут	Теперь запишем домашнее задание, повторить пройденный сегодня материал, написать небольшой доклад об более подробном устройстве и основных узлах любой выбранной вами сварочной головке.	Разбираем домашнее задание, что нужно выполнить к следующему занятию.

Методическая часть дипломного проекта раскрывает научно-обоснованную целенаправленную учебно-методическую работу преподавателя, которая обеспечит единство планирования, организации и контроля качества усвоения нового содержания обучения в системе начального профессионального образования. Содержание технологического раздела дипломного проекта явилось составной частью методической разработки.

Выполнив методическую часть дипломного проекта:

- изучили и проанализировали профессиональный стандарт рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- составили учебный план для профессиональной «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- разработали тематический план предмета «Спецтехнология»;
- разработали план - конспект урока по предмету «Спецтехнология», в котором максимально использовали результаты разработки технологического раздела дипломного проекта;
- разработали средства обучения для выбранного занятия.

Считаем, что данную разработку, можно использовать в процессе переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением», ее содержание способствует решению основной задачи профессионального образования - подготовки высококвалифицированных, конкурентоспособных кадров рабочих профессий.

## Заключение

В результате выполнения дипломного проекта мной был проанализирован базовый вариант изготовления корпуса форкамеры локомотива, выявлены его минусы. Были рассмотрены различные способы сварки и выбран один, по которому и разрабатывался в дальнейшем дипломный проект. Выполнены расчеты режимов сварки.

Рассчитана экономическая эффективность проектируемого способа, которая доказала, что проектируемый способ является экономически выгодным для производства.

В дипломном проекте произведен расчет экономической эффективности от внедрения проектируемых технологических решений, и разработана программа переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» уровень квалификации 3.

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						88
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Система вентиляции тяговых двигателей локомотива [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://poleznayamodel.ru/model/11/113704.html>
2. Сталь марки 09Г2С [Электронный ресурс] - Режим доступа: [http://metallischekiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/09G2s](http://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/09G2s)
3. Понятие и показатели свариваемости [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://pereosnastka.ru/articles/ponyatie-i-pokazateli-svarivaemosti>
4. Химический состав материала Св-08Г2С [Электронный ресурс] - Режим доступа: [http://splav-kharkov.com/mat\\_start.php?name\\_id=3143](http://splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=3143)
5. Технические характеристики материала Св-08Г2С [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://plavitmetall.ru/elektrody/svarochnaya-provoloka-sv08g2s-texnicheskie-xarakteristiki.html>
6. Ручная электродуговая сварка [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://weldingsite.in.ua/rds.html>
7. Ручная дуговая сварка, принцип работы и основные режимы [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://elsvarikin.ru/tehnologiya/kak-varit-ruchnoj-dugovoj-svarkoj>
8. Сварка под слоем флюса [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://stankiexpert.ru/spravochnik/svarka/svarka-pod-flyusom.html>
9. Химический состав материала Св-08Г2С [Электронный ресурс] - Режим доступа: [http://splav-kharkov.com/mat\\_start.php?name\\_id=3143](http://splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=3143)
10. Газовые смеси Ar+CO<sub>2</sub> [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.argon35.ru/technical-gases/>
11. Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: учебник для студентов вузов / А.И. Акулов, В.П. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977. - 431 с.
12. ОАО Линде Уралтехгаз [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.techgaz.ru>

13. Лазерный оптоволоконный станок для резки металла. Модель USI-1530 [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://ural-stanki.tiu.ru/p280696887-lazernyj-optovolokonnyj-stanok.html>

14. Кондуктор для сборки и сварки рам FOERSTER GmbH 4500 [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://weldprom.ru/konduktor-dlya-sborki-i-svarki-ram-foerster-gmbh-4500>

15. Сварочный инвертор Сварог TIG 250 (R22) [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.220-volt.ru/catalog-137823/>

16. Сварочная колонна AL POWER MINI BF [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://svarcom.net/katalog/automation/mekhanizatsiya/column-boom/svarochnaya-kolonna-al-power-mini-bf.html>

17. Сварочные автоматы [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://armtorg.ru/articles/item/869/?hl=Вс>

18. Выпрямитель сварочный типа ВДУ-506 [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://electro.mashinform.ru/svarochnye-vypriamiteli/vyprjamitel-svarochnyj-tipa-vdu-506-s-u3-1-obj4578.html>

19. Капиллярный метод контроля сварных швов. Капиллярная дефектоскопия [Электронный ресурс] / Сущность и область применения метода капиллярной дефектоскопии - Режим доступа: <http://www.techgaz.ru>

20. Федулова, М.А. Методические рекомендации по выполнению и оформлению выпускной квалификационной работы / М.А.Федулова, Д.Х.Билалов. - Екатеринбург: ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2016. – 49 с.

21. Панов, В.И. Методические указания к курсовому проекту по курсу «Оборудование отрасли» / В.И.Панов, Плаксина Л.Т. - Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. университет», 2008. - 38 с.

22. Журухин, Г.И. Методические указания по экономическому обоснованию выпускных квалификационных работ. / Г.И.Журухин, Федулова М.А. - Екатеринбург: Изд-во ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2015. - 38 с.

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		90

23. Кондуктора для сварки в России [Электронный ресурс] / Сравнить цены, купить потребительские товары на маркетплейсе Tiu.ru - Режим доступа: <https://tiu.ru/Konduktora-dlya-svarki.html>

24. Сварочные головки в России [Электронный ресурс] / Сравнить цены, купить потребительские товары на маркетплейсе Tiu.ru - Режим доступа: <https://tiu.ru/Konduktora-dlya-svarki.html>

25. Сварочная проволока [Электронный ресурс] / Сварочная проволока в наличии в интернет магазине Екатеринбурга - ВсяСварка - Режим доступа: <http://vsyasvarka.ru/svarochnaya-provoloka>

26. Сварочные газовые смеси [Электронный ресурс] / Цены на газовые смеси ТУ 2114-003-49632579-2009, баллоны для смесей - Режим доступа: <http://dioksid.ru/catalog/tehnicheskie-gazi/gazovye-smesi/svarochnie-gazovie-smesi>

27. Лист 09Г2С в России [Электронный ресурс] / Сравнить цены и поставщиков промышленных товаров на маркетплейсе Tiu.ru - Режим доступа: <https://tiu.ru/List-09g2s.html>

28. Профессиональный стандарт «Сварщик» [Электронный ресурс] / код 40.002, рег. № 14, приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России, рег. № 31301, 13.02.2014г. – Режим доступа: [http://spks.naks.ru/upload/ps\\_svarshik\\_2017\\_updated.pdf](http://spks.naks.ru/upload/ps_svarshik_2017_updated.pdf)

29. Профессиональный стандарт «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» [Электронный ресурс] / код 40.109, рег. № 664, Приказ Минтруда России № 916н от 01.12.2015 г., зарегистрирован Минюстом России рег. № 40426, 31.12.2015 г. – Режим доступа: <http://spks.naks.ru/spks/upload/SVAR-OPER.pdf>

30. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. – Взамен ГОСТ 14771-69; УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР № 1826 от 28.07.76; Введ. 01.07.77. – 39с.

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		91

31. ГОСТ 8645-68 Трубы стальные прямоугольные. Сортамент (с Изменениями N 1-4). [Электронный ресурс] – Взамен ГОСТ 8645-57; от 25.04.68; Введ. 01.01.69. – 39с. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004294>

					ДП 44.03.04.125 ПЗ	Лист
						92
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		